# Beiträge zur Ernährungsphysiologie einiger Nahrungsproteine

---

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Marie-Theres Schwenger
aus Paderborn
1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549606_0013

# Beiträge zur Ernährungsphysiologie einiger Nahrungsproteine

---

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Marie-Theres Schwenger
aus Paderborn
1962

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Fink
Prof. Dr. L. Birkofer

Tag der mündlichen Prüfung: 29.1.1962

Die vorliegende Arbeit wurde von Oktober 1956 bis Oktober 1959 im Institut für Gärungswissenschaft und Enzymchemie der Universität zu Köln ausgeführt.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Fink, bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und ihre ständige wohlwollende Förderung zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

## Inhaltsverzeichnis


| | Seite |
|---|---|
| Einleitung und Problemstellung | 6 |
| Allgemeine Angaben zur experimentellen Durchführung der Tierversuche | 21 |
| 1. Herkunft und Haltung der Versuchstiere | 21 |
| 2. Diäten | |
| a) Zusammenstellung der Diäten | 21 |
| b) Methodik der Futterbereitung | 27 |
| c) Analytische Untersuchungsmethoden | 27 |
| d) Bestimmung der Verdaulichkeit | 29 |
| 3. Auswertung der Versuche | 32 |
| Teil A | |
| Untersuchungen über die biologische Qualität und eine lebernekrose-auslösende Diätform des Hühnereies | 34 |
| I. Diäten mit ganzem und entfettetem Ei | 35 |
| 1. Herkunft, Aufarbeitung und Analyse der Eier und Magermilch | 36 |
| 2. Berechnung und Zusammensetzung der Diäten | 39 |
| 3. Experimentelle Durchführung | 44 |
| 4. Ergebnisse des Versuches | 63 |
| II. Diäten mit entfettetem Ei bei niedriger Proteinkonzentration | 7o |
| 1. Aufarbeitung und Analyse der Proteinträger | 71 |
| a) Fettextraktion | 71 |
| b) Vitamin-E-Bestimmung | 75 |
| c) Analytische Angaben | 76 |
| 2. Zusammensetzung der Diäten | 77 |
| 3. Experimentelle Durchführung | 79 |
| 4. Ergebnisse der Versuches | 92 |

Seite

III. Orientierender Aufzuchtversuch mit älteren Ratten 94

Durchführung und Ergebnis 94

IV. Zusammenfassende Diskussion der Ei-Versuche 98

Teil B

Qualitätsbestimmung von Proteinen durch Fütterungsversuche mit Albino-Mäusen 1o1

I. Alimentäre Leberschäden der Maus nach Verfütterung nekrose-auslösender Diäten 1o2

1. Aufzucht 3o Tage alter Mäuse mit Frischmilch- und Magermilchpulver-Diäten 1o2

a) Herkunft und Analyse der Proteinträger 1o3

b) Berechnung und Zusammensetzung der Diäten 1o4

c) Durchführung und Ergebnis 1o8

2. Aufzucht 2o Tage alter Mäuse mit Frischmilch-, Milchpulver- und Hefe-Diäten bei gestuftem Eiweißangebot 112

a) Analytische Angaben 113

b) Bestimmung der Hefe-Verdaulichkeit 114

c) Zusammensetzung der Diäten 117

d) Experimentelle Durchführung 118

e) Ergebnisse des Versuches 129

II. Die Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Algen, Steinpilz und Champignon 131

1. Herkunft und Analyse der Proteinträger 132

2. Zusammensetzung und Bereitung der Diäten 133

Seite

3. Experimentelle Durchführung 135

4. Ergebnisse des Versuches 142

III. Versuche mit Champignon-Diäten 144

1. Variation der Fettkomponente in den Champignon-Diäten 144

Durchführung und Ergebnis 145

2. Variation der Futtertrocknung 148

Durchführung und Ergebnis 149

3. Verfütterung von getrockneten Zuchtchampignons 15o

Durchführung und Ergebnis 151

4. Versuche mit begrenzter Futterverabreichung 154

Durchführung und Ergebnis 155

5. Versuche mit Champignon-Saft und Champignon-Rückstand-Diäten 158

a) Auftrennung des Champignons in Saft und Rückstand 158

b) Verfütterung von Champignon-Saft- und Champignon-Rückstand-Diäten 159

c) Verfütterung von Milch-Saft-Diäten 165

Durchführung und Ergebnis 165

6. Zusammenfassung der Ergebnisse der Champignon-Versuche 167

IV. Orientierender Versuch mit Hamstern zur Bestimmung der Eiweiß-Wertigkeit 172

Durchführung und Ergebnis 172

Zusammenfassung 176

Literaturverzeichnis 178

## Einleitung und Problemstellung.

Im Rahmen der Biochemie gewinnt die Ernährungsphysiologie in zunehmendem Maße an Bedeutung. Die mit der Nahrung aufgenommenen Substanzen, Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Mineralstoffe, Vitamine und Wasser, sind im lebenden Organismus chemischen Umsetzungen unterworfen, durch die der Energiebedarf gedeckt wird und die Bausteine für die Synthese der körpereigenen Substanzen geliefert werden. Nach neueren Anschauungen verläuft dieses Stoffwechselgeschehen derart, daß die lebende Zelle selbst einer dauernden Umwandlung unterworfen ist: die zelleigenen Stoffe werden ständig aufgespalten und aus niedermolekularen Bausteinen, die nicht unbedingt aus den Spaltstücken der Nahrung stammen müssen, wieder ersetzt. Je nach Art der Gewebe und Substanzen ist die Zeit, in der die Hälfte der Zellen sich erneuert hat, die biologische Halbwertszeit, unterschiedlich; sie beträgt beispielsweise für Proteine der menschlichen Leber 1o bis 2o Tage, für die des Bindegewebes 158 Tage (1).

Der Organismus ist nun nicht in der Lage, alle Bausteine im Stoffwechsel selbst bereitzustellen, sie müssen als essentielle Bestandteile in der Nahrung vorhanden sein. Neben den essentiellen Fettsäuren, Mineralstoffen und Vitaminen ist die Zufuhr gewisser Aminosäuren unentbehrlich für den lebenden Organismus. Die für den Menschen essentiellen Aminosäuren stellte ROSE (2) in umfangreichen Versuchen zusammen: Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin.

Es besteht für einen normalen Ablauf des Lebensgeschehens die Forderung, daß diese essentiellen Aminosäuren in ausreichender Menge, gleichzeitig und alle dem Organismus zugeführt werden, bezw. durch Abbau der aufgenommenen Proteine dem Körper zur Verfügung stehen.

Unter diesem Gesichtspunkt entscheidet die Menge und Zusammensetzung vor allem der Eiweißkomponente über den Wert eines Nahrungsmittels für die menschliche und tierische Ernährung. Ein hochwertiger Eiweißkörper wird demnach aus einem "harmonischen" Aminosäuregemisch aufgebaut sein.

Zur Bestimmung des biologischen Wertes eines Proteins werden die Aminosäuren in Protein-Hydrolysaten auf chemisch-analytischem und auch mikrobiologischem Wege oder im Tierversuch bestimmt. Bei der Wertigkeitsbestimmung auf analytischer Basis werden die Konzentrationen der essentiellen Aminosäuren in einem als vollwertig angesehenen Eiweißkörper und im Versuchsprotein festgestellt und daraus die EP-Verhältnisse berechnet:

$$\text{EP-Verhältnis} = \frac{\text{\% Aminos. i. Versuchsprotein}}{\text{\% Aminos. i. vollwertigen Protein}} \times 100$$

Als Maß für die biologische Wertigkeit gilt dann der sogenannte EAA-Index (essential amino acid -Index), der das geometrische Mittel aus den verschiedenen EP-Verhältnissen darstellt. - Dieser chemischen Methodik sind jedoch gewisse Grenzen gesetzt, da die Aminosäure-Bestimmung in aufgearbeiteten Hydrolysatgemischen, in denen beispielsweise Lysin und Tryptophan zum Teil zerstört worden sind, vorgenommen wird, und das Protein damit immer einer Denaturierung unterliegt.

Die biologische Bestimmungsmethode, also der Tierversuch, benutzt dagegen das natürliche Produkt und berücksichtigt außerdem die besonderen Verhältnisse des Stoffwechsels: die Nahrungsstoffe werden vom Organismus verschieden schnell und gut verdaut und aufgespalten, somit erfolgt eine unterschiedliche Bereitstellung der einzelnen Aminosäuren im Organismus, die einen Einfluß auf den biologischen Wert ausübt.

Für die Durchführung der Tierversuche zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit kommen vor allem zwei Methoden in Frage, bei denen in jedem Falle das Wachstum des Versuchstieres als Bestimmungsgröße für die Qualität eines Proteins angesehen wird.

THOMAS (4,5), der bereits 1909 den Begriff der biologischen Wertigkeit einführte, und MITCHELL (6), von dem das Verfahren weiter ausgebaut wurde, bestimmen die Menge verdaulichen Proteins, die 100 Teile Körperstickstoff ersetzen, nachdem sich durch Verabreichung einer eiweißfreien Diät die Höhe der täglichen Stickstoff-Ausscheidung im Harn auf das sogenannte absolute N-Minimum eingestellt hat, und definieren diese Größe als die biologische Wertigkeit des Proteins. Die stickstoff-freie Ernährung der Versuchstiere bis zur Einstellung des N-Minimums, die für den tierischen Organismus eine erhebliche Belastung darstellt, schränkt neben der relativ kurzen Versuchszeit und der Abhängigkeit der biologischen Wertigkeit von der Höhe der Proteinzufuhr - bei steigender Eiweißgabe sinkt die biologische Wertigkeit (7) - den Wert des N-Bilanz-Verfahrens in gewisser Weise ein; "es eignet sich vor allem zur Ermittlung des qualitätsmäßigen Bedarfs für den Erhaltungsstoffwechsel, worauf sich auch meist die Versuchsanordnung beschränkt" (8).

Besondere Bedeutung für die Bestimmung der biologischen Wertigkeit hat das Aufzucht-Verfahren nach MC COLLUM (9), das die Versuchsmethodik von OSBORNE, MENDEL und FERRY (10) einschließt. Der Gewichtszunahme des wachsenden Organismus, die auf einem Einbau von Proteinsubstanzen beruht - was sowohl für das Wachstum einzelner Organe als auch für den Gesamtorganismus gilt - wird hier grundlegende Bedeutung beigemessen. Zwischen der Aufnahme von stickstoffhaltigen Substanzen und dem Wachstum besteht eine Proportionalität, die mathematischen Gesetzen folgt und zahlenmäßig definiert werden kann als Wachstumswert oder Eiweißwirkungswert - "protein efficiency ratio" - als Zuwachs pro g aufgenommenes verdauliches Protein (10,11). Bei Fixierung der Gewichtszunahmen in Abhängigkeit von der Versuchsdauer zeigt die graphische Darstellung für ein biologisch hochwertiges Protein den Verlauf einer Exponentialkurve. Der Logarithmus des Gewichts in Abhängigkeit vom reziproken Tag des Alters ergibt eine lineare Funktion für ein intaktes Protein und damit normal aufgewachsene Tiere. ZUCKER und Mitarbeiter (12,13) sehen darin eine einfache Bewertungsmöglichkeit für ein Protein.

Die Bestimmung des Eiweißwirkungswertes erfolgt mit gerade entwöhnten jungen Tieren, die an die angebotene Nahrung besondere Forderungen stellen, d.h. eine Unterwertigkeit wird bei ihnen durch schlechtes Wachstum oder auftretende Mangelerscheinungen eher zum Ausdruck kommen als bei ausgewachsenen Tieren; außerdem erfaßt die lange Versuchsdauer einen wesentlichen Teil der Lebensvorgänge, so daß das Aufzuchtverfahren als umfassender Test anzusprechen ist.

Bei der Zusammenstellung und Verabreichung der Versuchsdiäten ist sorgfältig darauf zu achten, daß alle für das

Lebensgeschehen nötigen Nahrungsstoffe - Kohlenhydrate, Fett, Spurenelemente, Vitamine - in ausreichender Menge zur Verfügung stehen und das Protein, genauer gesagt die essentiellen Aminosäuren des Proteins, zum begrenzenden Faktor für das Wachstum werden (Gesetz vom Minimum). Dabei spielt die Konzentration, in der das Protein verabreicht wird, eine besonders wichtige Rolle, wobei auch die Verdaulichkeit des Eiweißkörpers - der vom Organismus tatsächlich aufgeschlossene und verwertete Anteil - zu berücksichtigen ist.

Die Proteinkonzentration ist bei solcher Versuchsanordnung so zu bemessen, daß sie als empfindliche Meßgröße angesprochen werden kann. Es besteht nämlich eine Abhängigkeit des Eiweißwirkungswertes von der Proteinkonzentration in der Diät derart, daß die für verschiedene Eiweißkonzentrationen erhaltenen Eiweißwirkungswerte bei einer bestimmten Konzentration einen maximalen Wert aufweisen, so daß nur für diese kritische Eiweißkonzentration der Wert der "protein efficiency ratio" eine entscheidende und das Protein beurteilende Aussage darstellt (14).

Diese kritische Konzentration hat für die einzelnen Eiweißkörper je nach ihrer biologischen Qualität einen unterschiedlichen Wert und liegt für ein minderwertiges Protein höher als für ein biologisch hochwertiges, für das sich eine Konzentration von etwa 10 % Diätprotein als empfindlicher Bereich immer wieder gezeigt hat (15). Bereits MC COLLUM (9) sah in seinen Versuchen eine Proteinkonzentration von 10 % in der Diät - mit der auch heute in den meisten Laboratorien gearbeitet wird (11,15) - als ausreichend für Wachstum und Erhaltung und als genügend empfindlich für die Versuchsdurchführung an. Immerhin werden Versuche mit Konzentrationsreihen weiterreichende Aufschlüsse über Proteine ermöglichen. So

konnte FINK in jüngsten Arbeiten durch Variation des Proteingehaltes in den Diäten die untersuchten Eiweißträger Algen, Futterhefe, frische Magermilch und Magermilchpulver, die, abgesehen von der Hefe, gleichmäßig gutes Wachstum im Tierversuch zeigten, in eine "Rangordnung der biologischen Wertigkeit" einstufen (16,17).

Neben der Abhängigkeit des Wachstumswertes von der Eiweißkonzentration in der Diät ist auch noch auf die Abhängigkeit von der verwendeten Tierart hinzuweisen. Da Ernährungsversuche neben ihrer Bedeutung für die Futterwirtschaft vor allem im Hinblick auf die menschliche Ernährung unternommen werden, sich am Menschen selbst aber nur unter großen Schwierigkeiten oder überhaupt nicht durchführen lassen, wird man bei der Auswahl der Versuchstiere zu omnivoren Tierarten greifen, die in ihrer Ernährungsweise dem Menschen nahe stehen. Die Albino-Ratte nimmt hier als Versuchstier eine Vorrangstellung ein, man wird jedoch bestrebt sein, auch andere verwandte Tierarten zu benutzen, um die erhaltenen Ergebnisse weitgehend abzusichern. Weiter kommen Hund, Katze, Schwein, Huhn und Affe in Frage. Die weiße Maus hat dagegen bisher nur in wenigen Laboratorien Zugang für Ernährungsversuche gefunden; sie gilt als das ideale Versuchstier für genetische und serologische Untersuchungen sowie für die Krebsforschung. Eigentlich wurden erst in den letzten 20 Jahren mit der Albino-Maus Untersuchungen, die den Ernährungssektor betreffen, durchgeführt, wobei sich die Maus gut bewährte und manche Vorzüge gegenüber der Ratte aufwies.

So untersuchten BAUER und BERG (18) - im Anschluß an die Versuche von ROSE (2) - die Verwertbarkeit der essentiellen Aminosäuren, im besonderen die Ausnutzung

optisch isomerer Formen für die Maus; MADDY und ELVEHJEM (19) verfütterten Casein-Diäten mit Zulagen von Aminosäuregemischen und bestimmten den Einfluß auf das Wachstum. Ferner wurden Untersuchungen über den Bedarf verschiedener Vitamine (Riboflavin, Pantothensäure, Biotin, Inosit, p-Amino-benzoesäure, $B_{12}$) für die Maus angestellt (20,21,22). FENTON und CARR (23) stellten Unterschiede zwischen verschiedenen Mäuse-Stämmen bezüglich der Wachstumswirkung bei Verfütterung von Casein-Diäten unterschiedlicher Konzentration fest.

Umfassendere Versuche zur Verwendung der Maus als Versuchstier für die Qualitätsbestimmung von Proteinen führten in jüngster Zeit BOSSHARDT und Mitarbeiter (24,25,26) durch. Es wurden Untersuchungen über die Verdaulichkeit verschiedener Proteine angestellt (24); weiterhin versuchte man, eine Standardmethode zur Bestimmung der Eiweißwirkungswerte an Mäusen auszuarbeiten und benutzte dabei als Testsubstanzen mit Aceton extrahiertes Voll-Ei, Weizen und Casein (25). In einer weiteren Arbeit wird auf die wichtige Beziehung zwischen Eiweißkonzentration, maximaler Ausnutzung und Eiweißwirkungswert hingewiesen. Dabei zeigte es sich, daß auch für die Maus eine Diätproteinkonzentration von 10 % die optimale Versuchsbedingung für ein gutes Eiweiß darstellt (26).

BOSSHARDT faßt die Vorteile, die die Maus als Versuchstier bei der Bestimmung der protein efficiency ratio bietet, folgendermaßen zusammen:

"The relative growth rate of the albino mouse is approximately twice that of the rat. If the protein efficiency method could be adapted to the mouse as the test animal it should be possible to decrease the time necessary for a growth measurement which, coupled with the smaller

food requirements, would result in a saving of time, labor, and dietary ingredients" (25).

Die relative Gewichtszunahme der Albino-Maus ist nahezu doppelt so groß wie die der Ratte. Wenn das Verfahren zur Bestimmung des Eiweißwirkungswertes auf die Maus als Versuchstier übertragen werden kann, müßte es möglich sein, die für Wachstumsversuche notwendige Zeit derart zu vermindern, daß, in Verbindung mit dem geringeren Futterbedarf, eine Einsparung von Zeit, Arbeit und Diät-Material resultiert.

Beim Vergleich der mit verschiedenen Tierarten, zum Beispiel Ratte und Maus, erhaltenen Eiweißwirkungswerte differieren die Zahlenangaben für ein und dasselbe Protein. Denn der Stoffwechsel eines kleinen Tieres verläuft intensiver als bei einem größeren, da die im Verhältnis zum Körpergewicht größere Oberfläche des kleinen Tieres eine größere Wärmeabstrahlung bedingt. Darauf ist auch die im Verhältnis zum Körpergewicht größere Futteraufnahme der Maus im Vergleich zur Ratte zurückzuführen. - Bei der Angabe des Proteinbedarfs für verschiedene Tierarten gelangt man zu vergleichbaren Zahlen, wenn dieser auf die Kalorie Grundumsatz und nicht auf kg Körpergewicht berechnet wird (15).

Im Hinblick auf die Bedeutung des Eiweißes für die menschliche und tierische Ernährung stellten sich FINK und Mitarbeiter die Aufgabe, nach neuen, noch nicht ausgenutzten Eiweißquellen zu suchen. So wurden die technologischen Grundlagen für die mikrobielle Eiweißsynthese geschaffen; Hefen und Pilze wurden auf Kohlenhydratabfällen bei Gegenwart von anorganischem Stickstoff gezüchtet (27,28,29,30,31,32). Diese Arbeiten führten zu weiteren Untersuchungen über die Qualität

verschiedener Eiweißstoffe. Es wurde im Hinblick auf den Ergänzungswert einiger Nahrungsproteine zunächst versucht, tierisches Eiweiß (Fischmehl) durch Brauerei- und Holzzuckerhefen, Gerstenmalz und Biertreber zu ersetzen, daran schlossen sich weitere Untersuchungen über verschiedene Hefen, Schimmelpilze, Kartoffeleiweiß und eine Aufwertung der Hefe durch Aminosäurezulagen an (33,34,35,36). Weiter gelang es, neben frischem Spinat (37) die einzellige Grünalge Scenedesmus obliquus als Quelle für hochwertiges Eiweiß zu erkennen (38,39), die in ihrem ernährungsphysiologischen Wert der frischen Magermilch mindestens gleichzusetzen ist (40). Bei der Untersuchung verschiedener Speisepilze zeigten sich zwischen dem Champignon (Psalliota bispora) und dem Steinpilz (Boletus edulis), der sich als ein guter Proteinträger auswies, im Tierversuch erhebliche Unterschiede. Im Gegensatz zum Steinpilz wurde die Champignondiät von den Versuchsratten nur sehr widerwillig und in geringen Mengen gefressen, die Versuchstiere starben nach einer kurzen Versuchsdauer von 20 - 30 Tagen und zeigten heftige Krämpfe (41,42, 43,44). Im Verlaufe dieser Untersuchungen ging man dazu über, als Vergleichsdiät Futter herzustellen, in dem 92 % des Eiweißes von getrockneter Magermilch gestellt wurde. Dabei gelang es FINK, eine durch den technischen Trocknungsprozess bedingte Schädigung der Magermilch zu entdecken, ein Effekt, der von weittragender Bedeutung ist, da die täglich anfallenden großen Mengen frischer Magermilch nur durch die Trocknung vor dem Verderb bewahrt bleiben und der menschlichen Ernährung nutzbar gemacht werden können. Das Milchpulver findet an Stelle des Frischproduktes vielfältige Verwendung in der Lebensmittelindustrie und könnte außerdem der Eiweißversorgung in den Ländern dienen, in denen

großer Proteinmangel herrscht und die ernährungsbedingten Mangelkrankheiten weit verbreitet sind (45,46,47).

Schon zu Beginn dieser Untersuchungen über den biologischen Wert verschiedener Proteine kam es zur Entdekkung der alimentären Lebernekrose, die in Zusammenarbeit mit DOBBERSTEIN von FINK und HOCK zunächst bei Verfütterung von Hefe-Diäten beobachtet wurde (48,49). Im Laufe eines Versuches verendeten die Ratten plötzlich ohne vorherige Symptome; die Untersuchung zeigte typische Organveränderungen, die neben Milz, Nieren und Magen vor allem die Leber betrafen. Die Leber war sehr brüchig, zeigte schmutzig gelb verfärbte Bezirke oder aber auch ganz verfärbte Lappen. Histologisch fand sich eine starke Nekrose der Leberzellen verbunden mit Karyolysis, dabei kam es häufig zur Verfettung der Kapillarendothelien.

Die als Lebernekrose bezeichneten Erscheinungen lassen sich durch Unterbindung der Leberarterie (Unterbindungsnekrose), durch Verabreichung von Giften, z.B. Tetrachlorkohlenstoff oder Allylalkohol (toxische Nekrose) oder wie im vorliegenden Fall durch besondere Kostformen (alimentäre Lebernekrose) bei Versuchstieren erzeugen (50).

Unabhängig voneinander beobachteten neben FINK auch SCHWARZ (51) - bei Verfütterung von alkali-behandeltem Casein - und GYÖRGY und GOLDBLATT (52,53) - nach Verabreichung von Hefe-Diäten - Lebernekrosen bei Versuchstieren.

In der Folge hat sich eine Reihe von Forschern dem Problem der alimentären Lebernekrosen zugewandt. Als Proteinträger in nekrose-auslösenden Diäten werden vor allem Hefen und Casein (54,55), daneben aber auch

Kartoffeln, Erbsen, Getreide verwendet (36). FINK konnte mit Diäten von Champignons und Magermilchpulvern, die nach dem Walzenverfahren getrocknet waren, Lebernekrose erzeugen (46,55,56,57,58,59,60).

GYÖRGY und GOLDBLATT (61) beobachteten ein beschleunigtes Auftreten der Lebernekrose nach Verfütterung von Fetten mit hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren (Speck, Kabeljaulebertran). Außerdem gelang es ihnen, mit einer Hefe-Diät, die sich sonst als nicht nekrogen gezeigt hatte, durch Erhöhung des Fettgehaltes (Schmalz) auf 50 % Ausfälle als Folge von Lebernekrosen zu erhalten (53).

Bei Schweinen wurde das Auftreten von Lebernekrose nach Verfütterung von Lebertran beschrieben (62), sowie bei Unterbringung der Tiere in feuchter und kalter Umgebung (63). Eine Abhängigkeit der Lebernekrose von den Umweltsbedingungen konnte NAFTALIN(64) auch für Ratten aufzeigen.

Neben Ratten und Schweinen sind bei Kaninchen und Mäusen alimentäre nekrotische Leberschäden erzeugt worden (54,65). WILLIAMS und ARONSOHN (66) und SCHWARZ (67) beschreiben die bei Mäusen auftretende Lebernekrose nach Verfütterung von Hefe-Diäten, die für Ratten benutzt worden waren. SCHWARZ beobachtet bei den Mäusen ausgedehnte nekrotische Veränderungen der Herzmuskulatur, Leber, Nieren und peripheren Muskulatur, wobei die Herz-Nekrose dominiert und Leberschäden erst nach dem 50. Versuchstag auftreten. Er bezeichnet das Krankheitsbild deshalb auch als "multiple dietary necrotic degeneration". Die auf die fermentproduzierenden Partien der Bauchspeicheldrüse beschränkte Atrophie zeige außerdem gewisse Ähnlichkeit mit der beim Kwashiorkor auftretenden Läppchen-Atrophie.

K w a s h i o r k o r ist eine in tropischen und subtropischen Ländern weit verbreitete Krankheit, die besonders häufig Säuglinge und Kleinkinder befällt und in vielen Fällen zum Tode führt (68,69). Da sie durch Verabreichung solcher Diätformen entsteht (70), die in Bezug auf das Protein stark unterwertig sind, und sich vor allem durch eine Leberschädigung auszeichnet, könnte man sie zur Gruppe der ernährungsbedingten Leberkrankheiten zählen und damit eine Beziehung zur alimentären Lebernekrose von Versuchstieren aufzeigen. Äußerlich ist die Krankheit durch Pigmentierung von Haar und Haut ("Roter Knabe"), unterdurchschnittliches Gewicht und geringe Größe der Kinder gekennzeichnet. Die Leber weist fettige Degeneration auf, der zumeist die bereits oben erwähnten schweren Schädigungen der Bauchspeicheldrüse vorangehen (71). Durch Verabreichung von Magermilchpulver gelang es TROWELL (72), Kwashiorkor-Kranke zu heilen. FINK (40) vermutet, daß mit dem hochwertigen Eiweiß der einzelligen Grünalge auch gute Heilerfolge zu erwarten sind, was inzwischen in einer Klinik in Kairo mit FLASCHENTRÄGER und IOANNOU (73) an Marasmus-kranken Kindern erhärtet worden ist.

Die alimentäre Lebernekrose der Ratte ist als Folge einer Verfütterung fehlerhafter Diäten anzusehen; dabei ist bisher nicht geklärt, ob es sich um das Fehlen eines essentiellen Bestandteiles allein oder das Zusammenwirken verschiedener Faktoren handelt. Als Substanzen, deren gemeinsames Fehlen in der Diät Lebernekrose hervorruft, werden Cystin, warauf schon WEICHSELBAUM (74) hinwies, Vitamin E, dessen Bedeutung zuerst SCHWARZ (51) erkannte, sowie eine aus Bierhefe und Casein isolierte organische Selenverbindung, welche zunächst von SCHWARZ als "Faktor 3" bezeichnet wurde, genannt (75,76,77).

Jede dieser Komponenten kann für sich die Lebernekrose verhüten; die erforderliche Konzentration wird durch das Verhältnis

Na-Selenit : Vitamin E : Cystin wie 1 : 500 : 25000

angegeben. Nach neuester Auffassung von SCHWARZ (78) soll die Wirkung der Aminosäure Cystin auf Verunreinigung durch Selen beruhen. FINK schreibt einer antinekrogenen, dem Faktor 3 ähnlichen Substanz, dem Faktor Y, leberschützende Wirkung zu (79,80). Die Wirkung von Na-Selenit konnte bei nekroseauslösenden Magermilchpulvern bestätigt werden (81).

Daß das Problem der alimentären Lebernekrose auch wesentlich von der Seite der Eiweißversorgung und Eiweißqualität beeinflußt wird und unter diesem Gesichtspunkt gesehen werden muß, zeigen die neueren Ergebnisse von FINK und Mitarbeitern. Auch bei Verfütterung guter Proteine gelang es, alimentäre Lebernekrose zu erzeugen, wenn die Konzentration des Proteins entsprechend niedrig gewählt wurde (82,16). Es wurden Diäten an Ratten verfüttert, in denen Hefe, Algen, Magermilch und Magermilchpulver die Proteinträger darstellten, der Prozentsatz Protein in der Diät betrug jeweils 20, 10, 6,6 und 5 %. Bei den Hefediäten verendeten die Tiere sämtlicher Konzentrationsreihen, bei den Magermilchpulverdiäten die Tiere, die das Futter mit 10, 6,6 und 5 % Protein erhielten. Bei den Frischmilch- und Algen-Diäten waren Ausfälle bei einer Proteinkonzentration von 6,6 % zu beobachten. Als Todesursache war in allen Fällen alimentäre Lebernekrose festgestellt worden (17,83). Weiter wurde diese Methodik der Konzentrationsstaffelung auf Malzkeime und Erbsen angewandt (84). FINK kommt zu der Feststellung: "Auch für die hochwertigsten Eiweißträger gibt es im Rattenversuch eine untere kritische Dosis, bei der die jungen Albino-Ratten an alimentärer Lebernekrose zu sterben beginnen"(82).

Es ist also möglich geworden, eine "Nekroseschwelle" für die einzelnen Proteinträger zu bestimmen, die offenbar in Abhängigkeit von der biologischen Qualität des Proteins und der Abwesenheit leberschützender Faktoren bei einer bestimmten Diätproteinkonzentration liegt.

Im hiesigen Institut wird die frische Magermilch als Vergleichsprotein bei Bestimmung der biologischen Wertigkeit anderer Nahrungsproteine benutzt. Neben der Magermilch gilt das Hühnerei als höchstwertiges Protein und findet als Bezugsnormale bei Austestung von Eiweißkörpern vielfache Verwendung. Es erschien deshalb wünschenswert, das Ei auf seine biologische Qualität und eine zu erwartende Nekroseschwelle mit den empfindlichen, in unserem Institut verwendeten Untersuchungsmethoden zu prüfen.

Ferner war die Frage zu klären, ob die an Ratten gefundenen Ergebnisse sowohl bezüglich der Qualität der ausgetesteten Proteine als auch im Hinblick auf die Erzeugung der alimentären Lebernekrose durch Versuche mit anderen Versuchstieren, im besonderen der Albino-Maus, bestätigt werden konnten, um damit die bereits bei den Ratten erhaltenen Befunde weiter abzusichern.

Die Untersuchungen dieser Arbeit haben folgende Zielsetzung:

Teil A: Fütterungsversuche mit Albino-Ratten.

Die Bestimmung der biologischen Eiweiß-Wertigkeit des Hühnereies mit dem Ziel, eine Nekroseschwelle zu ermitteln.

Teil B: Fütterungsversuche mit Albino-Mäusen.

1.) Untersuchungen über das Auftreten der diätetisch bedingten Lebernekrose.

2.) Versuche zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Algen und Speisepilzen.

3.) Studien über die nach Verfütterung von Champignon-Diäten beobachteten Krämpfe und Ausfälle der Versuchstiere.

## Allgemeine Angaben zur experimentellen Durchführung der Tierversuche

### 1. Herkunft und Haltung der Versuchstiere

Die exakte Auswertung und der Vergleich von Ergebnissen des Tierversuches sind in weitgehendem Maße von der Güte des verwendeten Tiermaterials abhängig. Es besteht die Forderung nach einer Gleichartigkeit der Erbanlagen und hohen Empfindlichkeit der Tiere, der ein sorgfältig gezüchteter und gepflegter Inzuchtstamm gerecht wird.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Versuche zur Qualitätsbestimmung verschiedener Nahrungsproteine mit Ratten und Mäusen durchgeführt.

Die A l b i n o - R a t t e n stammten aus dem Inzuchtstamm, der seit Jahren im hiesigen Institut gezüchtet und für alle Ernährungsversuche mit Erfolg benutzt wird. Die entwöhnten jungen Ratten werden im Alter von etwa 4 Wochen, 50 - 60 g schwer, in den Versuch genommen und in Einzelboxen untergebracht. Die Käfige aus verzinktem Blech sind mit einer Tür aus grobem Maschendraht verschlossen und mit einem herausnehmbaren Einsatz, der als Streu Sägemehl und Holzwolle enthält, versehen. Diese Einsätze werden alle 5 Tage erneuert und außerdem zum Schutz gegen Ungeziefer mit einem Insektizid bestäubt. Das Futter, zumeist von trockener, keksförmiger Beschaffenheit, wird den Tieren täglich in abgewogenen Mengen in Futternäpfchen, die fest in den Maschendraht eingehängt werden, verabreicht. Dazu erhalten die Ratten frisches Wasser in Trinkflaschen aus Glas, die ebenso wie die Näpfchen in regelmäßigen Abständen gründlich gesäubert und desinfiziert werden.

Die für die Versuche benutzten A l b i n o - M ä u s e mußten von verschiedenen Züchtern bezogen werden, da im Institut selbst keine Mäusezucht vorhanden war. Es wurden zunächst ausgewachsene Tiere - 1 Böckchen und 3 Weibchen, bzw. je nach Bedarf ein Vielfaches davon - aus anderen Instituten (Zoologisches Institut der Universität Köln, Pharmakologisches Institut der Universität Bonn, Stamm Kopenhagen GN seit 7 Jahren ingezüchtet, Zentralinstitut für Versuchstierzucht Hannover-Bornum) bezogen und die jungen Tiere selbst gezüchtet. Nur so war es möglich, Geschwistertiere für die Versuche zu benutzen und außerdem durch die kontrollierte Fütterung der Eltern- wie auch der heranwachsenden Jungtiere eine Angleichung an die im Institut üblichen Bedingungen zu erreichen. Die Zuchttiere erhielten das gleiche Futter wie die Zucht-Ratten, es wurde jedoch auf die Bedürfnisse der Maus Rücksicht genommen und mehr Möhren, Salat und Brot verfüttert und später auch von der anfänglich verabreichten Fleischration (Leber, Herz) abgegangen.

In Anlehnung an die bei den Ratten geübte Methode wurden die Mäuse zunächst 4 Wochen alt, 10 - 11 g schwer, in den Versuch eingesetzt. Es zeigte sich jedoch, daß in diesem Alter bereits ein wesentlicher Teil des Wachstums außerhalb der Versuchszeit liegt, da ja die Entwicklung der Maus im Vergleich zur Ratte rascher verläuft und somit gerade die Zeit, in der die heranwachsenden Tiere eine besondere Empfindlichkeit aufweisen, beim Versuchsablauf nicht berücksichtigt wird. Bei allen weiteren Versuchen wurden die Mäuse dann bereits um den 20. Tag, 7 - 9 g schwer, in Übereinstimmung mit Angaben der Literatur (23,24,25), in den Versuch genommen. - Die Mäuse wurden in Einzelkäfigen untergebracht und erhielten täglich abgewogene Mengen Futter ad libitum und frisches Wasser. Die Erneuerung der Einsatzbleche erfolgte alle 7 Tage ebenso wie bei den Ratten,

es wurde jedoch besondere Sorgfalt auf Reinigung und Desinfektion aller Gerätschaften gelegt, da die Maus gegenüber Infektionen sehr anfällig ist.

Die Mäuse wurden in regelmäßigen Abständen gewogen. Dabei konnten die zur Wägung der Ratten im Institut üblichen Dämpfungs-Schnell-Waagen nicht benutzt werden. Die Mäuse wurden in Kunststoffdosen mit abschraubbarem Deckel, der mit Luftlöchern versehen war, auf einer Sartorius-Neigungsbalken-Waage gewogen, die eine Ablesung von o,1 g erlaubte.

Bei der Auswahl der Ratten und Mäuse für den Versuch wurde darauf geachtet, daß möglichst gleich große und gute Würfe benutzt wurden. Innerhalb einer Versuchsreihe wurden auf jede Diät Geschwistertiere beiderlei Geschlechts aus mehreren Würfen verteilt, um zu einem Durchschnittsergebnis zu gelangen und durch den Wurf bedingte Sonderheiten auszuschalten.

Die während eines Versuches verendeten Tiere wurden seziert und Organe, die Veränderungen aufwiesen - das besondere Augenmerk richtete sich dabei auf Leber, Nieren, Lunge, Magen und Herz - zur histologischen Untersuchung gegeben. Nach Ablauf der Versuchszeit (bei den Ratten 120, bei den Mäusen 90 Tage) wurden die Tiere mit Äther getötet, seziert und makroskopisch erkennbar veränderte Organe ebenfalls histologisch untersucht. Herr Professor Eger vom Pathologischen Institut der Universität Göttingen führte dankenswerter Weise die Untersuchungen durch.

## 2. Diäten

### a) Zusammenstellung der Diäten

Eine wesentliche Voraussetzung bei der Wertigkeitsbestimmung von Eiweiß im Tierversuch ist die richtige Zusammenstellung und Verarbeitung der später verfütterten Diäten. Kohlenhydrate, Fette, Mineralsalze, Spurenelemente und Vitamine müssen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen und das Protein zum limitierenden Faktor der Diät werden. Außerdem ist für eine genügende kalorische Versorgung der Versuchstiere zu sorgen.

In unseren Versuchen wurde bei den an die Ratten verfütterten Diäten das gesamte Protein vom Hühnerei gestellt; Fett wurde, falls eine Zulage erforderlich war, in Form von Schmalz (Vitamin-E-frei) zugelegt. Die ausreichende Versorgung mit Mineralssalzen und Spurenelementen wird üblicherweise durch Zugabe von Salz-Mischungen, die nach Literaturangaben zusammengestellt werden, erreicht. Bei den Ei-Versuchen wurde die von HAWK-OSER (85) angegebene Mischung auf Grund ihres Gehaltes an Spurenelementen verwandt. Als Kohlenhydratquelle diente Weizenstärke; durch eine Zugabe von Zellulose wurde die Gegenwart von Ballaststoffen berücksichtigt. Ferner erfolgte noch eine Zulage von Lösungen käuflicher Vitaminpräparate.

Die mit den Mäusen durchgeführten Versuche sollten einen Vergleich zu den mit Ratten erhaltenen Ergebnissen bringen. Daher war es nötig, sowohl die Diätzusammenstellung in entsprechender Weise vorzunehmen als auch die Diäten mit bereits ausgetesteten Proteinchargen, soweit sie noch vorhanden waren, herzustellen. Als Diätfett diente Lebertran, der gleichzeitig für die nötigen fettlöslichen Vitamine sorgte, die Vitamine der B-Gruppe wurden in Form von Bierhefe zugefügt. Das damit in die Diäten gelangende

Bierhefe-Protein muß natürlich bei der Zugabe des zu untersuchenden Proteins berücksichtigt werden, so daß von letzterem nur 92 % des Proteinanteils in der Diät gestellt wurde. Es wurde die von MC COLLUM angegebene Salzmischung verwendet (86), Weizenstärke stellte die nötigen Kohlenhydrate.

In den Rattenversuchen wurden die Diäten bisher auf das Nährstoffverhältnis, das Verhältnis von verdaulichem Eiweiß zum gesamten Stärkewert der Diät , eingestellt. Bei Versuchsreihen, deren Diäten das gleiche Nährstoffverhältnis haben, können jedoch, insbesondere wenn die Verdaulichkeit der untersuchten Eiweißkörper nicht übereinstimmt, die Prozentgehalte des Proteins in den jeweiligen Diäten voneinander abweichen. Da ein exakterer Vergleich verschiedener Versuche bei Einstellung der Diäten auf Prozentgehalte möglich ist und auch nach Angaben der neueren Literatur die Diäten in anderen Laboratorien in entsprechender Weise vorgenommen werden, erfolgte die Diätberechnung der Ei-Versuche in dieser Art.

Bei der Festsetzung des Energie-Inhaltes von Diäten ist zu berücksichtigen, daß mit zunehmender Kalorieneinschränkung die Ausnutzung des Diät-Proteins zunächst konstant bleibt, dann aber unterhalb eines kritischen Kalorien-Gehaltes stark absinkt. Dieser kritische Energie-Inhalt ist nicht für alle Proteine gleich, er liegt für ein biologisch hochwertiges Protein höher als für ein minderwertigeres. Es ist deshalb bei Protein-Wertigkeitsbestimmungen erforderlich, den Energie-Inhalt der Diäten über dieser kritischen Grenze zu halten (87, 88). - Werden also Diäten auf Prozentgehalte eingestellt, so haben die zwischen den Versuchsreihen auftretenden Differenzen im Energie-Inhalt keinen Einfluß auf das Versuchsergebnis, solange die im Futter angebotenen Kalorien

über der kritischen Grenze liegen. Der Kalorien-Bedarf "der mit Sicherheit über dem Minimal-Bedarf liegt" wird für die Ratte mit 29o Cal/kg/Tag angegeben (89).

Die folgenden Tabellen 1 und 2, die die Differenzen im Energie-Inhalt bzw. Protein-Gehalt einiger Diäten bei den verschiedenen Diätberechnungen aufzeigen, mögen das hier Gesagte veranschaulichen. Der Kalorien-Berechnung wurden die Angaben von LANG (1oo) zugrunde gelegt.

Tabelle 1

Protein-Gehalt (verd.) einiger Diäten in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | 1:1o | 1:15 | 1:1o$^{x}$ | 1:15$^{x}$ |
|---|---|---|---|---|
| Magermilch | 9.8 | 6.6 | 9.o | 5.8 |
| Futterhefe | 9.6 | 6.4 | 8.8 | 5.6 |
| Algen | 8.9 | 6.2 | 8.2 | 5.5 |

x = ohne Bierhefe-Protein

Tabelle 2

Energie-Inhalt einiger Magermilch-Diäten

| Diätberechnung | verd.Protein in % | Cal/1o g Futter (Trs.) | |
|---|---|---|---|
| 1:1o | 9.8 | 39.7 | 35.6$^{x}$ |
| 1:15 | 6.6 | 39.7 | 37.o |
| 1o % | 1o.o | 4o.4 | 36.4 |
| 6.6 % | 6.6 | 4o.4 | 37.7 |

x = ohne Protein-Brennwert

b) Methodik der Futterbereitung

Auf die Herkunft, Aufarbeitung und analytische Zusammensetzung der Nahrungsproteine sowie eine detaillierte Berechnung der Diäten soll zu Beginn der jeweiligen Versuchsdurchführung näher eingegangen werden. Hier möge noch auf die allgemeine Methodik der Futterherstellung hingewiesen sein.

Um ein homogenes Futter zu verabreichen, bei dem die Entmischung der einzelnen Komponenten durch die Tiere vermieden wurde, sind wir bei der Futterbereitung möglichst von einer mit Wasser bezw. Milch (bei den Frischmilch-Diäten) angeteigten Futtermischung ausgegangen, die auf Aluminiumblechen bei 7o° C über Nacht trocknete. Der Feuchtigkeitsgehalt der fertig verbackenen Diäten zeigte so nur geringfügige Schwankungen (94 - 97 % Trs.), was für die Aufbewahrung wichtig ist. Ferner wurden auf diese Weise die einzelnen Diätbestandteile hinreichend homogenisiert und das Futter wies die gewünschte keksige Beschaffenheit auf. Die Diäten wurden in Blechdosen in der Kühlkammer aufbewahrt und nur die für ein bis zwei Tage benötigten Rationen jeweils entnommen.

c) Analytische Untersuchungsmethoden

Die zur Verarbeitung der Diäten benötigten Nahrungsstoffe erforderten eine analytische Untersuchung, die sich auf die Bestimmung von Wassergehalt, Eiweiß, Fett, Glührückstand, Rohfaser und Kohlenhydrate erstreckte. In den fertig verbackenen Diäten wurde zur Kontrolle nochmals der Protein- und Wassergehalt bestimmt. Es gelangten dabei folgende Verfahren zur Anwendung:

Bestimmung des Wassergehaltes bzw. der Trockensubstanz

Das Untersuchungsmaterial wird zur Bestimmung der Trockensubstanz (Trs.) bis zur Gewichtskonstanz (ca. 3 Stunden) bei 105° C getrocknet. Der Gewichtsverlust entspricht dem Wassergehalt der Substanz.

Bestimmung des Rohproteins

Das Rohprotein (RP) wird nach dem Verfahren von Kjeldahl bestimmt. Die feingepulverte Substanz wird nach Zugabe eines Katalysators (Selenreaktionsgemisch nach Wieninger) mit konzentrierter Schwefelsäure aufgeschlossen, mit Wasser verdünnt und mit Natronlauge (33 %ig) alkalisch gemacht. Das entstehende Ammoniak wird in eine mit Schwefelsäure beschickte Vorlage destilliert und der Überschuß der Säure mit Natronlauge zurücktitriert. Aus dem ermittelten Stickstoffgehalt errechnet sich durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 der Rohproteingehalt.

Bestimmung des Rohfettes

Die Bestimmung des Rohfettes (F) wird durch erschöpfende Extraktion des trockenen Untersuchungsmaterials mit einem Fettlösungsmittel in der Soxhlet-Apparatur durchgeführt. Daneben gelangte das Verfahren von WEIBULL-STOLDT (90), das bei der Untersuchung von Milcherzeugnissen vorwiegend verwandt wird, zur Anwendung. Die zu untersuchende Substanz wird dabei zunächst mit Salzsäure aufgeschlossen, vom Ungelösten abfiltriert, getrocknet und anschließend mit wasserfreiem Äther im Soxhlet extrahiert.

Bestimmung des Glührückstandes

Die Bestimmung des Aschegehaltes (A) erfolgt durch Wägung des nach Verbrennung der organischen Bestandteile und Erhitzung im Muffelofen bei 850° C verbleibenden Glührückstandes von nichtflüchtigen anorganischen Substanzen.

Bestimmung der Rohfaser

Die Rohfaser umfaßt Substanzen, die gegenüber chemischen Eingriffen besonders resistent sind und auch von den Verdauungsenzymen nicht angegriffen werden (Zellulose, Pentosane, Lignin etc.). Die Rohfasergehalte einer Substanz zeigen in Abhängigkeit von der Untersuchungsmethode unterschiedliche Werte. Gewöhnlich wird das Verfahren von Weender benutzt, bei dem Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure und Natronlauge in Lösung gehen und der Rückstand zur Wägung gebracht wird.

Bestimmung der Kohlenhydrate

Die N-freien Extraktstoffe, die sich auf rechnerischem Wege aus der Differenz der Summe der anderen Nährstoffe gegenüber 100 % ermitteln, werden als Kohlenhydrate (KH) angegeben. Sie umfassen vor allem Stärke, daneben aber auch andere Stoffe, die bei den übrigen Bestimmungen nicht erfaßt werden.

d) Bestimmung der Verdaulichkeit

Für die Qualitätsbestimmung von Nahrungsproteinen ist neben einer vorausgehenden analytischen Untersuchung

des Versuchsmaterials die Bestimmung der Verdaulichkeit unerläßlich, da die vom Organismus aufgenommene Nahrung nicht immer vollständig resorbiert wird.

Die Menge der unverdauten Nahrung ist einmal durch analytische Untersuchung des Futters und des ausgeschiedenen Kotes bestimmbar, außerdem ist es möglich, neben dieser "in-vivo"- die "in-vitro"-Bestimmung der Verdaulichkeit durchzuführen. Nach der letzteren Methode unterliegt das Untersuchungsmaterial einer aufeinanderfolgenden Pepsin-, Trypsin- und Diastase-Einwirkung, bei der die Nahrungsstoffe enzymatisch verdaut werden und anschließend die Menge der nicht in Lösung gegangenen Substanzen bestimmt und daraus der Wert der Proteinverdaulichkeit ermittelt wird.

Der Verdaulichkeitskoeffizient bestimmt sich also als folgende Größe

$$\frac{\text{Einfuhr - Ausfuhr}}{\text{Einfuhr}} \times 100.$$

Der "in-vivo"-Methode wird als Bestimmungsverfahren der Vorzug gegeben, obgleich die damit erhaltenen Werte der Proteinverdaulichkeit immer niedriger liegen, als sie in Wirklichkeit sind ("wahre" und "scheinbare" Verdaulichkeit), da der im Kot bestimmte Stickstoff-Gehalt auch von Stoffwechselprodukten der Verdauungsorgane, abgeschilferten Epithelkörperchen und Bakterieneiweiß (aus dem Darm) herrührt. Dies gilt besonders für Substanzen mit niedrigem Proteingehalt, während bei hohen Proteingehalten die Unterschiede weniger ins Gewicht fallen. "Für praktische Zwecke ist dies auch von nicht so großer Bedeutung, da es hier nicht so sehr auf die absolute Verdaulichkeit, sondern auf die vom Tierkörper zurückgehaltenen Nährstoffe, die mit dem Tierversuch

erfaßt werden, ankommt." (NEHRING, (7) ). Auch bei unseren Versuchen wurde die Verdaulichkeitsbestimmung nach der "in-vivo"-Methode durchgeführt:

Die Versuchstiere, ausgewachsene Männchen und Weibchen, befinden sich in Drahtkäfigen, die lose auf Bleche aufgesetzt sind und ein einwandfreies Sammeln der Ausscheidungen gestatten; der Urin wird von mehreren Lagen Filtrierpapier aufgesaugt, so daß eine Veränderung der analytischen Zusammensetzung des Kotes ausgeschlossen wird. Eine Hunger- und Vorfütterungsperiode sorgen dafür, daß der Darm der Tiere nur mit der zu untersuchenden Nahrung gefüllt ist. Der Versuch selbst erstreckt sich ebenfalls über mehrere Tage, um ein möglichst durchschnittliches, von individuellen Schwankungen freies Ergebnis zu erhalten. Aus den Mengen des aufgenommenen Futters und ausgeschiedenen Kotes und dem in beidem bestimmten Gehalt an Rohprotein, Fett und Asche läßt sich die Verdaulichkeit der einzelnen Nahrungsbestandteile dann rechnerisch ermitteln.

## 3. Auswertung der Versuche

Die in den Tierversuchen erhaltenen Daten setzen sich aus den Angaben über die aufgenommenen Futtermengen, die Zunahmen des Körpergewichtes, das erreichte Alter der Versuchstiere und die histologisch untersuchten Organe zusammen. Wachstumskurven (durchschnittlicher Zuwachs der Tiere in Abhängigkeit von der Zeit) und Eiweißwirkungswerte (Gewichtszunahmen in g pro g aufgenommenes Protein) geben neben der Mortalitätsquote (Prozentsatz der verendeten Tiere einer Gruppe) und dem Nekrogenitätsquotienten[x)] Aufschluß über die Qualität der untersuchten Eiweißkörper.

Bei Beurteilung der Wachstumskurven ist eine statistische Auswertung des Zahlenmaterials erforderlich, da aus den graphischen Darstellungen nicht immer ohne weiteres ersichtlich ist, ob die zwischen zwei Kurvenzügen bestehenden Differenzen durch individuelle Schwankungen des Tiermaterials gegeben, also rein zufällig sind oder nicht.

Die Signifikanzberechnungen wurden nach der von KOLLER (91) angegebenen Methode vorgenommen:
Nach der Beziehung

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n - 1}}$$

bestimmt sich die mittlere Abweichung, $\sum d^2$ gibt die Summe der Quadrate der einzelnen Abweichungen vom

---

x) Zahl der an Lebernekrose eingegangenen Versuchstiere, multipliziert mit der durchschnittlich verlorengegangenen Versuchs-Lebenserwartung, in Prozenten der Zahl der bei den Gruppenversuchen eingesetzten Versuchstiere, multipliziert mit der gesamten Versuchsdauer (47).

Durchschnittsgewicht der Tiere zu einer bestimmten Zeit an, n die Zahl der Tiere.

Der mittlere Fehler der Differenz der Mittelwerte errechnet sich nach

$$\sigma_{\text{Diff.}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_2} + \frac{\sigma_2^2}{n_1}}$$

Ist die Differenz der durchschnittlichen Gewichtszunahmen der beiden zu vergleichenden Reihen ($M_1 - M_2$) größer als $\sigma_{Diff}$ multipliziert mit einem Faktor F, dessen Größe von der Tierzahl der Versuchsreihen abhängt, so kann der Gewichtsunterschied der beiden Gruppen zu diesem Zeitpunkt als signifikant angesehen werden. Andernfalls kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die Abweichung zufällig oder signifikant ist.

## T e i l  A

### Untersuchungen über die biologische Qualität und eine lebernekrose-auslösende Diätform des Hühnereies.

Die in diesem Teil der Arbeit durchgeführten Versuche sollten zeigen, ob das Ei, das neben der Milch als biologisch vollwertiger Eiweißkörper angesehen wird, bei den in unserem Institut verwendeten strengen Untersuchungsmethoden seine Qualität durch gute Wachstumskurven und hohe Eiweißwirkungswerte unter Beweis stellte. Außerdem war die Frage zu prüfen, ob auch mit dem Ei bei den Ratten Leberschäden zu erzeugen sind und welches die dafür erforderliche Konzentration an Diätprotein ist.

Zunächst sollte das Ei als unbehandeltes Produkt in eiweißmonochromatischen Diäten verfüttert werden. Da der Fettanteil des Eies jedoch sehr hoch liegt (42,6 % i.d.Trs.) (92), war es nicht möglich, den Fettgehalt der Diäten auf den sonst üblichen Prozentsatz einzustellen. Es wäre naheliegend gewesen, Eiklar für die Versuche zu benutzen, welches als praktisch fettfreie Substanz anzusprechen ist und außerdem mehr als die Hälfte der stickstoffhaltigen Substanzen des Gesamteies enthält. Jedoch scheint der im Weißei vorhandene Avidinkomplex auch nach relativ langer Kochzeit (93) nicht restlos zerstört zu sein. Darauf weisen auch im hiesigen Institut durchgeführte Untersuchungen hin: bei Verfütterung von Eiklar-Diäten wurden nach 30 - 40 tägiger Versuchsdauer Veränderungen des Haarkleides, Gewichtsstillstand und Todesfälle beobachtet (94). Nach einer anderen

Publikation zeigte das Weißei eine hervorragende biologische Qualität im Tierversuch, nachdem das durch Avidin blockierte Biotin durch Zulage weiterer Mengen Biotin in den Diäten ersetzt werden konnte (95). - In unseren Versuchsreihen wurde als weitere Proteinquelle entfettetes Voll-Ei benutzt. Aus den verschiedenen Fettlösungsmitteln, die zur Verfügung standen, wählten wir Äthylenchlorid, $C_2H_4Cl_2$, aus, das auch bei den entfetteten Eiern, die vom Rutgers Univ. Bureau of Biological Research zur Qualitätsbestimmung an verschiedene Institute gegeben worden waren, verwendet wurde (96, 97). "Ethylene dichloride was the only reagent that came into contact with the product und it has been shown by Mitchell and others, who have examined other products, that this solvent in no way denatures the protein" (96).

I. Diäten mit ganzem und entfettetem Ei.

Für die Versuche mit ganzem Ei wurde eine Konzentrationsstaffelung von 2o, 1o, 6.6 und 5 % Diätprotein gewählt, entsprechend den Nährstoffverhältnissen 1:5, 1:1o, 1:15 und 1:2o, die in anderen Untersuchungen des Institutes benutzt werden. Für die Austestung des extrahierten Eies wurden nur untere Konzentrationsbereiche des Diätproteingehaltes gewählt (6.6 und 5 %), da bei der bekannt guten Qualität des Eies bei höheren Eiweißgehalten Leberschäden nicht zu erwarten waren. Gleichzeitig war bei 6.6 und 5 % Diätprotein ein Vergleich zwischen ganzem und entfettetem Ei möglich. Um einen Anschluß an die Institutsversuche zu haben, wurde als Vergleich eine Frisch-Magermilch-Diät mit 1o % Protein mitgeführt.

1. Herkunft, Aufarbeitung und Analyse der Eier und Magermilch

Die für die Versuche benutzten frischen holländischen Eier (Güteklasse 0, 70 - 72 g schwer) wurden im Einzelhandel in größeren Mengen (100 Stück) gekauft, um das Ausgangsmaterial möglichst frei von individuellen, durch Haltung und Fütterung der Hühner bedingten Schwankungen zu halten. Die Eier wurden dann portionsweise (jeweils 30 Stück) in siedendes Wasser gelegt und vom erneuten Kochen des Wassers an 15 Minuten bei Siedetemperatur belassen, unter kaltem Wasser abgeschreckt, von den Schalen befreit und nach Zerkleinerung im Fleischwolf analysiert.

Bei den Eiern, die entfettet werden sollten, wurde nach dem Kochprozeß Eiklar und Eigelb voneinander getrennt und jedes für sich nach Zerkleinerung im Fleischwolf auf feinmaschigen Bronze-Drahtsieben im warmen Luftstrom (Heiz-Ventilator) getrocknet. Zur Extraktion gelangte nur das getrocknete Gelbei, da das Weißei nahezu fettfrei ist und nicht unnötig der Einwirkung des Lösungsmittels ausgesetzt sein sollte. Das getrocknete Eigelb wurde im Soxhlet 12 Stunden mit Äthylenchlorid extrahiert; dabei wurde die benutzte Heizhaube so eingestellt, daß die Temperatur in der Extraktionshülse möglichst nicht über 70° C anstieg. Das entfettete Material wurde schonend im Hausmann-Exsiccator im Wasserbad von 45° C bei vermindertem Druck von den Resten des Lösungsmittels befreit, im Starmix fein zerkleinert und anschließend mit dem Eiklar gemischt.

Die so vorbereiteten Ei-Proben wurden nun analytisch untersucht. Da für die Versuche mit dem ganzen Ei der

Fettanteil, der ja in jedem Falle über dem in den Diäten üblichen Prozentsatz lag, bei der Futterberechnung unberücksichtigt blieb, wurden normalerweise Wasser-, Rohprotein- und Asche-Gehalt bestimmt. In Tabelle 3 sind die analytischen Daten der verarbeiteten Eichargen zusammengestellt. Wie ein Vergleich der von uns gefundenen analytischen Gehalte mit Literaturwerten (92), die das Mittel aus 34 Untersuchungen darstellen, zeigt, stimmen die Werte recht gut überein.

Tabelle 3

Zusammensetzung der Eichargen in %, i.d.Trs.

| Charge | Rohprotein | Rohfett | Asche |
|---|---|---|---|
| 1 | 48.01 | - | 3.70 |
| 2 | 48.20 | - | 3.68 |
| 3 | 48.70 | 41.67 | 3.36 |
| 4 | 49.62 | 42.75 | 3.51 |
| 5 | 48.60 | - | 3.39 |
| 6 | 50.18 | - | 3.50 |
| 7 | 50.29 | - | 4.08 |
| 8 | 51.71 | - | 4.19 |
| 9 | 51.20 | - | 4.09 |
| Ø aus 9 Chargen | 49.6 | 42.2[x] | 3.7 |
| Ø aus 34 Lit.-angaben | 49.7 | 42.6 | 4.1 |

x = Mittel aus 2 Proben

Die entfetteten Eier wurden ebenfalls auf ihre Inhaltsstoffe analysiert (Tabelle 4).

Tabelle 4

Zusammensetzung der entfetteten Eier in %, i.d.Trs.

| Charge | Rohprotein | Rohfett | Asche | N-freie Extraktstoffe |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 87.22 | 2.39 | 4.43 | 5.96 |
| 2 | 86.68 | 3.07 | 4.22 | 6.03 |
| 3 | 83.66 | 2.71 | 3.86 | 4.77 |
| 4 | 89.15 | 2.71 | 4.12 | 4.02 |
| 5 | 86.94 | 3.48 | 4.20 | 5.38 |
| 6 | 87.60 | 3.44 | 4.20 | 4.76 |

Von einer Bestimmung der Verdaulichkeit sowohl des ganzen Eies wie auch der entfetteten Proben wurde Abstand genommen, da nach übereinstimmenden Angaben der Literatur das Ei nahezu vollständig resorbiert wird (92,98). Dieses geht auch aus den Berichten über das von der Rutgers University hergestellte entfettete Ei hervor: die (wahre) Verdaulichkeit wird für die wachsende Ratte mit 97, für die ausgewachsene Ratte mit 98, für den Menschen ebenfalls mit 98 und für den Hund mit 96 % angegeben (96,97,99). - Wir rechneten bei unseren Diäten mit einer 100 %igen Verdaulichkeit der Eier.

Die für die Vergleichsdiät benötigte frische Magermilch wurde sofort nach Erhalt aufgearbeitet. Die analytische Zusammensetzung (Durchschnittswert aus Literaturangaben und Bestimmungen des Instituts) ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung, Tabelle 5. Es wurde auch hier mit einer 100 %igen Verdaulichkeit - in Übereinstimmung mit Literaturangaben - gerechnet.

Tabelle 5

Durchschnittliche Zusammensetzung der Magermilch in %, i.d.Trs.

| | |
|---|---|
| Rohprotein | 39,14 |
| Rohfett | o,23 |
| Asche | 8,53 |
| N-freie Extraktst. | 52,1o |

## 2. Berechnung und Zusammensetzung der Diäten

In unseren Versuchen mußte bei der Zusammenstellung der Diäten zunächst das Protein als limitierender Bestandteil der Diäten berücksichtigt werden. Der Proteingehalt der Ei-Diäten sollte 20, 10, 6.6 und 5 %, in den entfetteten Ei-Diäten 6.6 und 5 %, in der Magermilch-Diät 10 % betragen. Die übrigen Diätkomponenten wurden unter Einbeziehung der bereits im Proteinträger vorhandenen Mengen der jeweiligen Inhaltsstoffe in Form von Vitamin-E-freiem Schweineschmalz, Salzgemisch nach Hawk-Oser und aschefreien Filterpapier-Flocken der Futtermischung zugelegt. Obgleich sowohl das Ei als auch die Magermilch einen gewissen Vitamingehalt aufweisen, eine Bestimmung der einzelnen Vitamine jedoch mit großem Zeitaufwand verbunden ist, wurde allen Diäten die gleiche Menge der fett- und wasserlöslichen Vitamine zugegeben, die eine ausreichende Versorgung der Tiere gewährleistete.

Als Beispiel für die Berechnung einer Diät ist die Magermilch-Diät mit 10 % Proteingehalt angeführt:

a) Geforderte Zusammensetzung der Diät i.d.Trs.

| | | |
|---|---|---|
| Rohprotein (RP) | | 10.0 % |
| Rohfett (RF) | | 3.0 % |
| Mineralsalze | | 5.0 % |
| Zellulose (Zel) | | 2.0 % |
| Weizenstärke | ad 100 | |
| Vitaminlösung | | |

b) Inhaltsstoffe der Magermilch

| | |
|---|---|
| in 100 g Milch: | 3.35 g RP |
| | 0.02 g RF |
| | 0.73 g Asche |
| | 91.44 g Wasser |

c) Berechnung der erforderlichen Mengen Magermilch, Salzgemisch und Fett für 1000 g Futter i.d.Trs.

100 g RP
0,6 g RF
21,8 g Asche in 2990.0 g Milch

Fett: 30.00
- 0.60
29.40 — 29.40 g Fett i.d.Trs.

Salzg.: 50.00
-21.80
28.20 — 28.20 g Salzgem.i.d.Trs.

d) Bestimmung der Stärkemengen ad 100 nach Addition der Futterkomponenten i.d.Trs.

256.0 g Magermilch
29.4 g Schmalz
28.2 g Salzgemisch
+ 20.0 g Zellulose
333.6

1000.0
- 333.6
666.4 — 666.4 g Weizenstärke i.d.Trs.

e) Bereitung der Diät aus:

2990.0 g Magermilch
29.4 g Schmalz (Trs. 100 %)
31.3 g Salzgem. (Hawk-Oser) (Trs. 90 %)
20.0 g Zellulose
762.0 g Weizenstärke (Trs. 87,3 %)
Vitaminlösung

f) Zusammensetzung der 10 %igen Magermilchdiät in %, i.d.Trs.

| | |
|---|---|
| Magermilch | 25.60 |
| Schweineschmalz | 2.94 |
| Salzgemisch (Hawk-Oser) | 2.82 |
| Zellulose | 2.00 |
| Weizenstärke | 66.64 |

Das für diese Diäten verwendete Salzgemisch ist in seiner Zusammensetzung nach HAWK-OSER (85) in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6

Salzgemisch nach HAWK-OSER (85)

| | | |
|---|---|---|
| Calciumcitrat + 4 $H_2O$ | | 309.67 g |
| $Ca_3(H_2PO_4)_2 + H_2O$ | | 113.25 |
| $K_2HPO_4$ | | 219.72 |
| KCl | | 125.29 |
| NaCl | | 77.41 |
| $CaCO_3$ | | 68.90 |
| $MgCO_3$ | | 33.43 |
| $MgSO_4$ (wasserfrei) | | 38.50 |
| Eisencitrat + 1.5 $H_2O$ | 94.18 g | |
| NaF | 3.68 | |
| $MnSO_4$ | 1.17 | 13.80 |
| $K_2Al_2(SO_4)_4 + 24\ H_2O$ | 0.67 | |
| KJ | 0.30 | |

Da die Literaturangaben (89) über den Vitaminbedarf der Ratten stark divergieren, wurde bei der Herstellung unserer Vitaminlösungen so vorgegangen, daß die Konzentration der einzelnen Vitamine in der Lösung, bzw. im Futter den Mengen entsprach, die nach den früheren Diätzusammenstellungen durch den Lebertran und die Bierhefe den Diäten zugelegt wurden.

Die Vitamine der B-Gruppe wurden in destilliertem Wasser gelöst und auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt (unter Zusatz einer geringen Menge Äthanol zur Stabilisierung der Lösung), so daß 2o ml Lösung die für 1ooo g Futter benötigte Vitaminmenge enthielt. Die Konzentration der einzelnen Vitamine in einer Tagesration Futter ist aus Tabelle 7 zu ersehen.

Tabelle 7

| Zugelegte, wasserlösliche Vitamine in γ/1o g Futter | |
|---|---|
| $B_1$ | 1o |
| $B_2$ | 4o |
| Nikotinsäure | 1oo |
| $B_6$ | 1o |
| Pantothensäure | 75 |
| Folsäure | 3 |
| p-Amino-benzoesäure | - |
| Biotin | 3 |
| Inosit | 25o |

Die Konzentration der Vitamin A- und D-Lösung wurde so eingestellt, daß jeweils 1 ml Lösung die Vitaminmenge von 1 g Lebertran enthielt (Lebertran DAB 6 mit mindestens 1ooo I.E. Vitamin A und 1oo I.E. Vitamin D pro g) und damit die der Diät zugefügten 3o ml Lösung dem geforderten Fett- (Lebertran) Gehalt von 3 % entsprachen. Die Vitaminpräparate wurden in wenig Petroläther gelöst und mit Äthanol auf das erforderliche Volumen aufgefüllt. Tabelle 8 gibt die tägliche Vitamindosis an.

Tabelle 8

Zugelegte, fettlösliche Vitamine in I.E./1o g Futter

| | |
|---|---|
| A | 315.8 |
| $D_2$ | 1o.5 |
| $D_3$ | 21.1 |

Die Zusammensetzung der in dieser Versuchsanordnung verfütterten Ei- und Magermilch-Diäten ist in den beiden folgenden Tabellen 9 und 1o aufgeführt.

Tabelle 9

Komponenten der Diäten in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6,6 | Vo 5 | Ve 6,6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Protein | 2o.o | 1o.o | 6.6 | 5.o | 6.6 | 5.o | 1o.o |
| Fett | 17.1 | 8.2 | 5.7 | 4.3 | 3.o | 3.o | 3.o |
| Minerals. | 5.o | 5.o | 5.o | 5.o | 5.o | 5.o | 5.o |
| Zellulose | 2.o | 2.o | 2.o | 2.o | 2.o | 2.o | 2.o |
| N-freie Extr.st. | 55.9 | 74.8 | 8o.7 | 83.7 | 83.4 | 85.o | 8o.o |
| Cal/1o g | 47.o | 42.4 | 41.1 | 4o.4 | 39.7 | 39.7 | 39.7 |
| Cal/1o $g^x$ | 38.8 | 38.3 | 38.4 | 38.3 | 37.o | 37.6 | 35.6 |

x = ohne Protein-Brennwert

Der Kalorien-Berechnung wurden die Angaben von LANG (1oo) zugrunde gelegt:

| | | |
|---|---|---|
| Protein | - | 4.1 Cal/g |
| Fett | - | 9.3 Cal/g |
| Kohlenhydrate | - | 4.1 Cal/g |

Tabelle 1o

Prozentuale Zusammensetzung der Diäten , i.d.Trs.

| Bestandteile | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6.6 | Vo 5 | Ve 6.6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Voll-Ei | 4o.23 | 2o.37 | 13.43 | 1o.o5 | - | - | - |
| Entfettetes Ei | - | - | - | - | 7.52 | 5.71 | - |
| Fr.Magermilch | - | - | - | - | - | - | 25.6o |
| Schmalz | - | - | - | - | 2.78 | 2.82 | 2.94 |
| Salzgem. | 3.48 | 4.21 | 4.52 | 4.63 | 4.69 | 4.76 | 2.82 |
| Zell. | 2.oo | 2.oo | 2.oo | 2.oo | 2.oo | 2.oo | 2.oo |
| Weizenstärke | 54.29 | 73.42 | 8o.o5 | 83.32 | 83.o1 | 84.71 | 66.64 |

3. Experimentelle Durchführung

Die Versuchstiere wurden wie im einleitenden Teil der Arbeit beschrieben verteilt; auf die Ei-Diäten entfielen jeweils 1o Tiere, auf die Magermilch-Diät 8 Ratten. Im Folgenden werden die Voll-Ei-Diäten mit Vo bezeichnet, die Diäten mit entfettetem Ei mit Ve, die Magermilch-Diät mit M, und die angefügte Zahl gibt die jeweilige Diätproteinkonzentration an. Die Versuche erstreckten sich über 12o Tage und erfaßten mit dieser langen Versuchsdauer nahezu die ganze Wachstumsperiode der Versuchstiere. Der Gewichtszuwachs und die Höhe der täglichen Futteraufnahme wurden für jedes Tier bestimmt; die Durchschnittswerte für die Versuchsreihen sind aus den Tabellen 11,12 und 13 zu entnehmen. Aus den vorhandenen Versuchsdaten bestimmte sich dann weiterhin die Aufnahme von verdaulichem Protein, Tab. 14,

mit deren Hilfe die Berechnung der Eiweißwirkungswerte sowohl für einzelne Abschnitte des Versuches, Tabelle 15, als auch nach Versuchstagen, Tabelle 16, vorgenommen wurde, die dann zur besseren Übersicht in den Tabellen 17 und 18 nochmals zusammengestellt wurden.

Zur Veranschaulichung des Zahlenmaterials wurden weiterhin verschiedene graphische Darstellungen 1 bis 9 angefertigt, auf die im Folgenden, bei der Besprechung der Ergebnisse des Versuches, näher eingegangen werden soll.

Für die Wachstumskurven verschiedener Versuchsreihen wurden Signifikanzberechnungen durchgeführt, die in den Tabellen 19 bis 24 zusammengestellt sind.

Tabelle 11

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tage | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6,6 | Vo 5 | Ve 6,6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.- 1o. | 8 | 1o | 1o | 9 | 1o | 9 | 1o |
| 11.- 2o. | 1o | 12 | 13 | 1o | 11 | 11 | 14 |
| 21.- 3o. | 12 | 13 | 13 | 1o | 14 | 1o | 15 |
| 31.- 4o. | 13 | 13 | 14 | 11 | 14 | 11 | 15 |
| 41.- 5o. | 13 | 13 | 14 | 13 | 15 | 13 | 15 |
| 51.- 6o. | 13 | 13 | 15 | 14 | 15 | 13 | 14 |
| 61.- 7o. | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 13 | 14 |
| 71.- 8o. | 13 | 12 | 14 | 15 | 14 | 13 | 13 |
| 81.- 9o. | 13 | 12 | 14 | 15 | 14 | 14 | 13 |
| 91.-1oo. | 13 | 13 | 14 | 15 | 14 | 13 | 13 |
| 1o1.-11o. | 13 | 13 | 14 | 15 | 13 | 13 | 13 |
| 111.-12o. | 13 | 13 | 14 | 15 | 12 | 13 | 13 |
| ø | 12 | 13 | 14 | 13 | 13 | 12 | 14 |

Tabelle 12

Durchschnittlicher Zuwachs in g

| nach Tagen | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6.6 | Vo 5 | Ve 6.6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 31 | 22 | 15 | 9 | 1o | 6 | 17 |
| 1o | 64 | 53 | 33 | 17 | 24 | 16 | 4o |
| 15 | 85 | 74 | 48 | 23 | 33 | 24 | 56 |
| 2o | 1o9 | 95 | 65 | 32 | 47 | 31 | 81 |
| 25 | 134 | 118 | 79 | 38 | 64 | 39 | 1o4 |
| 3o | 162 | 138 | 97 | 45 | 84 | 46 | 12o |
| 35 | 179 | 156 | 11o | 52 | 96 | 53 | 133 |
| 4o | 196 | 169 | 124 | 61 | 1o8 | 61 | 148 |
| 45 | 214 | 185 | 136 | 73 | 121 | 69 | 158 |
| 5o | 224 | 194 | 149 | 89 | 132 | 8o | 168 |
| 55 | 237 | 2o5 | 161 | 1o1 | 147 | 92 | 179 |
| 6o | 249 | 214 | 173 | 117 | 157 | 97 | 187 |
| 65 | 259 | 223 | 186 | 133 | 171 | 1o4 | 194 |
| 7o | 268 | 231 | 197 | 147 | 181 | 111 | 2o3 |
| 75 | 276 | 237 | 2o4 | 156 | 188 | 118 | 2o6 |
| 8o | 282 | 245 | 212 | 163 | 197 | 126 | 21o |
| 85 | 284 | 245 | 217 | 173 | 2o4 | 134 | 211 |
| 9o | 289 | 251 | 221 | 177 | 2o8 | 141 | 216 |
| 95 | 292 | 255 | 228 | 182 | 212 | 145 | 218 |
| 1oo | 296 | 259 | 236 | 184 | 215 | 148 | 222 |
| 1o5 | 3o1 | 264 | 241 | 189 | 221 | 152 | 226 |
| 11o | 3o1 | 269 | 248 | 194 | 222 | 155 | 23o |
| 115 | 3o2 | 272 | 251 | 198 | 22o | 158 | 228 |
| 12o | 3o5 | 278 | 256 | 2o2 | 222 | 161 | 232 |

Tabelle 13

Ø Futteraufnahme nach Versuchstagen in g

| Tage | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6,6 | Vo 5 | Ve 6,6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1o | 84 | 1o4 | 1o4 | 89 | 95 | 94 | 1o1 |
| 2o | 186 | 226 | 234 | 186 | 2o8 | 199 | 242 |
| 3o | 3o6 | 356 | 363 | 284 | 345 | 3o1 | 393 |
| 4o | 432 | 488 | 5oo | 39o | 481 | 41o | 547 |
| 5o | 561 | 615 | 642 | 516 | 626 | 537 | 7oo |
| 6o | 693 | 741 | 79o | 657 | 777 | 67o | 842 |
| 7o | 819 | 866 | 931 | 8o6 | 931 | 797 | 982 |
| 8o | 947 | 985 | 1o68 | 954 | 1o7o | 928 | 1114 |
| 9o | 1o73 | 11o8 | 12o5 | 11o4 | 12o8 | 1o63 | 1248 |
| 1oo | 12o1 | 1236 | 1341 | 1252 | 1344 | 119o | 1379 |
| 11o | 1335 | 1366 | 148o | 14o5 | 1471 | 1316 | 1511 |
| 12o | 1462 | 1497 | 1617 | 1553 | 1593 | 1442 | 1643 |

Tabelle 14

Ø Proteinaufnahme (verd.) nach Versuchstagen in g

| Tage | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6,6 | Vo 5 | Ve 6,6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1o | 16 | 1o | 6 | 4 | 6 | 4 | 1o |
| 2o | 35 | 22 | 15 | 9 | 13 | 9 | 23 |
| 3o | 58 | 34 | 23 | 13 | 21 | 14 | 37 |
| 4o | 82 | 47 | 31 | 18 | 3o | 19 | 52 |
| 5o | 1o6 | 59 | 4o | 24 | 39 | 25 | 66 |
| 6o | 131 | 71 | 49 | 31 | 48 | 31 | 8o |
| 7o | 155 | 83 | 58 | 38 | 58 | 37 | 93 |
| 8o | 179 | 94 | 66 | 44 | 66 | 43 | 1o6 |
| 9o | 2o3 | 1o5 | 75 | 52 | 75 | 5o | 118 |
| 1oo | 228 | 118 | 83 | 59 | 83 | 56 | 131 |
| 11o | 253 | 133 | 92 | 66 | 91 | 61 | 143 |
| 12o | 277 | 143 | 1oo | 73 | 99 | 67 | 155 |

Tabelle 15

Berechnung der Eiweißwirkungswerte für Versuchsabschnitte

| Diät | Versuchs-tage | Zuwachs in g | Protein-aufnahme in g | Zuwachs/ Protein-aufnahme |
|---|---|---|---|---|
| Vo 20 | 1.- 30. | 161.6 | 56.8 | 2.85 |
| | 31.- 60. | 87.8 | 73.2 | 1.20 |
| | 61.- 90. | 38.3 | 71.8 | 0.53 |
| | 91.-120. | 17.4 | 73.6 | 0.24 |
| Vo 10 | 1.- 30. | 138.3 | 34.0 | 4.08 |
| | 31.- 60. | 76.0 | 36.7 | 2.07 |
| | 61.- 90. | 35.8 | 35.0 | 1.09 |
| | 91.-120. | 27.8 | 37.1 | 0.85 |
| Vo 6,6 | 1.- 30. | 96.5 | 22.5 | 4.30 |
| | 31.- 60. | 76.2 | 26.3 | 2.90 |
| | 61.- 90. | 48.7 | 25.6 | 1.90 |
| | 91.-120. | 34.1 | 25.5 | 1.34 |
| Vo 5 | 1.- 30. | 45.0 | 13.2 | 3.41 |
| | 31.- 60. | 71.7 | 17.3 | 4.14 |
| | 61.- 90. | 60.6 | 20.8 | 2.91 |
| | 91.-120. | 24.3 | 20.9 | 1.16 |
| Ve 6,6 | 1.- 30. | 84.3 | 21.3 | 3.96 |
| | 31.- 60. | 72.4 | 26.7 | 2.71 |
| | 61.- 90. | 50.9 | 26.6 | 1.92 |
| | 90.-120. | 14.2 | 23.8 | 0.60 |
| Ve 5 | 1.- 30. | 45.5 | 14.0 | 3.25 |
| | 31.- 60. | 51.9 | 17.2 | 3.02 |
| | 61.- 90. | 43.2 | 18.3 | 2.36 |
| | 90.-120. | 20.6 | 17.7 | 1.16 |
| M 10 | 1.- 30. | 119.9 | 37.1 | 3.21 |
| | 31.- 60. | 66.6 | 42.4 | 1.57 |
| | 61.- 90. | 29.3 | 38.4 | 0.76 |
| | 90.-120. | 16.1 | 37.5 | 0.43 |

Tabelle 16

Berechnung der Eiweißwirkungswerte für Versuchstage

| Diät | Versuchs-tage | Zuwachs in g | Protein-aufnahme in g | Zuwachs/ Protein-aufnahme |
|---|---|---|---|---|
| Vo 20 | 1.- 10. | 64.2 | 15.9 | 4.03 |
| | 1.- 20. | 109.2 | 35.1 | 3.14 |
| | 1.- 30. | 161.6 | 57.8 | 2.79 |
| | 1.- 40 | 196.3 | 81.5 | 2.43 |
| | 1.- 60. | 249.4 | 131.1 | 1.92 |
| | 1.-120. | 305.1 | 277.0 | 1.10 |
| Vo 10 | 1.- 10. | 52.9 | 9.9 | 5.35 |
| | 1.- 20. | 95.0 | 21.6 | 4.40 |
| | 1.- 30. | 138.3 | 33.9 | 4.06 |
| | 1.- 40. | 168.9 | 46.5 | 3.62 |
| | 1.- 60. | 214.3 | 70.6 | 3.02 |
| | 1.-120. | 277.9 | 142.8 | 2.08 |
| Vo 6,6 | 1.- 10. | 32.8 | 6.4 | 5.46 |
| | 1.- 20. | 64.7 | 14.5 | 4.46 |
| | 1.- 30. | 96.5 | 22.5 | 4.29 |
| | 1.- 40. | 123.8 | 30.9 | 4.00 |
| | 1.- 60. | 172.7 | 48.8 | 3.53 |
| | 1.-120. | 255.5 | 100.2 | 2.55 |
| Vo 5 | 1.- 10. | 17.0 | 4.2 | 4.04 |
| | 1.- 20. | 31.5 | 8.7 | 3.62 |
| | 1.- 30. | 45.0 | 13.3 | 3.41 |
| | 1.- 40. | 60.5 | 18.2 | 3.53 |
| | 1.- 60. | 116.7 | 30.6 | 3.80 |
| | 1.-120. | 201.6 | 72.5 | 2.78 |
| Ve 6,6 | 1.- 10. | 23.5 | 5.9 | 3.98 |
| | 1.- 20. | 47.1 | 12.9 | 3.65 |
| | 1.- 30. | 84.3 | 21.4 | 3.96 |
| | 1.- 40. | 107.8 | 29.8 | 3.63 |
| | 1.- 60. | 156.7 | 48.1 | 3.68 |
| | 1.-120. | 221.8 | 98.5 | 2.25 |
| Ve 5 | 1.- 10. | 15.6 | 4.4 | 3.55 |
| | 1.- 20. | 31.3 | 9.3 | 3.26 |
| | 1.- 30. | 45.5 | 14.1 | 3.25 |
| | 1.- 40. | 60.6 | 19.2 | 3.18 |
| | 1.- 60. | 97.4 | 31.2 | 3.12 |
| | 1.-120. | 161.2 | 67.2 | 2.40 |
| M 10 | 1.- 10. | 39.5 | 9.6 | 4.15 |
| | 1.- 20. | 81.3 | 22.9 | 3.55 |
| | 1.- 30. | 119.9 | 37.2 | 3.22 |
| | 1.- 40. | 147.6 | 51.7 | 2.86 |
| | 1.- 60. | 186.5 | 79.6 | 2.34 |
| | 1.-120. | 231.9 | 155.3 | 1.49 |

Tabelle 17

Eiweißwirkungswerte für Versuchsabschnitte

| Tage | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6.6 | Vo 5 | Ve 6.6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.- 3o. | 2.82 | 4.o7 | 4.3o | 3.41 | 3.96 | 3.25 | 3.21 |
| 31.- 6o. | 1.2o | 2.o7 | 2.9o | 4.14 | 2.71 | 3.o2 | 1.57 |
| 61.- 9o. | o.53 | 1.o9 | 1.9o | 2.91 | 1.92 | 2.36 | o.76 |
| 91.-12o. | o.24 | o.85 | 1.34 | 1.16 | o.6o | 1.16 | o.43 |

Tabelle 18

Eiweißwirkungswerte nach Versuchstagen

| nach Tagen | Vo 2o | Vo 1o | Vo 6.6 | Vo 5 | Ve 6.6 | Ve 5 | M 1o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1o | 4.o3 | 5.35 | 5.46 | 4.o4 | 3.98 | 3.55 | 4.15 |
| 2o | 3.14 | 4.4o | 4.46 | 3.62 | 3.65 | 3.26 | 3.55 |
| 3o | 2.28 | 4.o7 | 4.29 | 3.41 | 3.96 | 3.25 | 3.22 |
| 4o | 2.42 | 3.62 | 4.oo | 3.53 | 3.63 | 3.18 | 2.86 |
| 6o | 1.92 | 3.o2 | 3.53 | 3.8o | 3.68 | 3.12 | 2.34 |
| 12o | 1.1o | 2.o8 | 2.55 | 2.78 | 2.25 | 2.4o | 1.49 |

Tabelle 19

Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten 1) M 10 - 2) Vo 6,6

Tierzahl: $n_1 = 8$, $n_2 = 10$; Faktor F: 3.54

| Tage | $\sigma_1^2$ | $\sigma_2^2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma_{Diff.}$ | $\sigma_{Diff.} \times F$ | $M_1 - M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 32 | 117 | 40 | 33 | 4.3 | 15.2 | 7 | - |
| 20 | 49 | 380 | 81 | 65 | 7.1 | 25.2 | 16 | - |
| 30 | 246 | 830 | 120 | 97 | 11.3 | 40.0 | 23 | - |
| 40 | 390 | 1096 | 148 | 124 | 13.6 | 48.2 | 24 | - |
| 50 | 504 | 1504 | 168 | 149 | 15.2 | 53.8 | 19 | - |
| 60 | 875 | 1681 | 187 | 173 | 17.3 | 61.2 | 14 | - |
| 70 | 1456 | 2250 | 203 | 197 | 20.7 | 73.3 | 6 | - |
| 80 | 1654 | 2755 | 210 | 212 | 22.6 | 80.0 | - 2 | - |
| 90 | 1921 | 3193 | 216 | 221 | 24.4 | 86.4 | - 5 | - |
| 100 | 2466 | 3768 | 221 | 236 | 26.8 | 94.8 | -15 | - |
| 110 | 3083 | 4333 | 230 | 248 | 29.7 | 105.0 | -18 | - |
| 120 | 3259 | 4487 | 232 | 256 | 29.8 | 105.5 | -24 | - |

Tabelle 20

Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten 1) M 10 - 2) Ve 6,6

Tierzahl: $n_1 = 8$, $n_2 = 10$; Faktor F: 3.54

| Tage | $\sigma_1^2$ | $\sigma_2^2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma_{Diff.}$ | $\sigma_{Diff.} \times F$ | $M_1 - M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 32 | 65 | 40 | 24 | 3.3 | 11.7 | 16 | + |
| 20 | 49 | 265 | 81 | 47 | 6.2 | 22.0 | 34 | + |
| 30 | 246 | 759 | 120 | 84 | 10.9 | 38.8 | 36 | - |
| 40 | 390 | 794 | 148 | 108 | 11.7 | 41.4 | 40 | - |
| 50 | 504 | 546 | 168 | 132 | 10.7 | 37.8 | 36 | - |
| 60 | 875 | 548 | 187 | 157 | 12.5 | 44.3 | 30 | - |
| 70 | 1456 | 993 | 203 | 181 | 16.4 | 58.0 | 22 | - |
| 80 | 1654 | 1633 | 210 | 197 | 19.2 | 68.0 | 13 | - |
| 90 | 1921 | 2203 | 216 | 208 | 21.6 | 76.4 | 8 | - |
| 100 | 2466 | 2503 | 221 | 215 | 23.7 | 83.8 | 6 | - |
| 110 | 3083 | 3420 | 230 | 222 | 27.1 | 95.8 | 8 | - |
| 120 | 3259 | 3480 | 232 | 222 | 27.6 | 97.5 | 10 | - |

Tabelle 21

Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten 1) Vo 6,6 - 2) Vo 5

Tierzahl: $n_1 = 10$, $n_2 = 10$; Faktor F: 3.48

| Tage | $\sigma^2_1$ | $\sigma^2_2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma_{Diff.}$ | $\sigma_{Diff.} \times F$ | $M_1 - M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 117 | 18 | 33 | 17 | 4.9 | 17.1 | 16 | - |
| 20 | 380 | 151 | 65 | 32 | 7.3 | 25.4 | 33 | + |
| 30 | 830 | 337 | 96 | 45 | 10.8 | 37.6 | 51 | + |
| 40 | 1096 | 434 | 124 | 61 | 12.4 | 43.2 | 63 | + |
| 50 | 1504 | 482 | 149 | 89 | 14.1 | 49.0 | 60 | + |
| 60 | 1681 | 593 | 173 | 117 | 15.1 | 52.5 | 56 | + |
| 70 | 2250 | 543 | 197 | 147 | 16.7 | 58.1 | 50 | - |
| 80 | 2755 | 570 | 212 | 163 | 18.2 | 63.2 | 49 | - |
| 90 | 3193 | 729 | 221 | 177 | 19.8 | 68.8 | 44 | - |
| 100 | 3768 | 902 | 236 | 184 | 21.6 | 75.1 | 52 | - |
| 110 | 4333 | 1240 | 248 | 194 | 23.6 | 82.5 | 54 | - |
| 120 | 4487 | 2198 | 256 | 202 | 25.8 | 89.6 | 54 | - |

Tabelle 22

Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten 1) Ve 6,6 - 2) Ve 5

Tierzahl: $n_1 = 10$, $n_2 = 10$; Faktor F: 3.48

| Tage | $\sigma^2_1$ | $\sigma^2_2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma_{Diff.}$ | $\sigma_{Diff.} \times F$ | $M_1 - M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 65 | 79 | 24 | 16 | 3.8 | 13.3 | 8 | - |
| 20 | 265 | 145 | 47 | 31 | 6.4 | 22.2 | 16 | - |
| 30 | 759 | 224 | 84 | 46 | 9.9 | 34.5 | 38 | + |
| 40 | 794 | 448 | 108 | 61 | 11.2 | 39.0 | 47 | + |
| 50 | 546 | 621 | 132 | 80 | 10.8 | 37.6 | 52 | + |
| 60 | 548 | 931 | 157 | 97 | 12.2 | 42.2 | 60 | + |
| 70 | 993 | 661 | 181 | 110 | 12.9 | 44.8 | 71 | + |
| 80 | 1633 | 1411 | 197 | 126 | 17.4 | 60.5 | 71 | + |
| 90 | 2203 | 1334 | 208 | 141 | 18.8 | 65.4 | 67 | + |
| 100 | 2503 | 1313 | 215 | 148 | 19.6 | 68.2 | 67 | - |
| 110 | 3420 | 1372 | 222 | 155 | 21.9 | 76.1 | 67 | - |
| 120 | 3480 | 1342 | 222 | 161 | 22.0 | 76.5 | 61 | - |

Tabelle 23

Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten 1) Vo 6,6 - 2) Ve 6,6

Tierzahl: $n_1 = 10$, $n_2 = 10$; Faktor F: 3.48

| Tage | $\sigma^2_1$ | $\sigma^2_2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma_{Diff.}$ | $\sigma_{Diff.} \times F$ | $M_1 - M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 117 | 65 | 33 | 24 | 4.3 | 15.0 | 9 | - |
| 20 | 380 | 265 | 65 | 47 | 8.1 | 48.0 | 18 | - |
| 30 | 830 | 759 | 97 | 84 | 12.6 | 34.8 | 12 | - |
| 40 | 1096 | 794 | 124 | 108 | 13.7 | 47.6 | 16 | - |
| 50 | 1504 | 546 | 149 | 132 | 14.3 | 49.8 | 17 | - |
| 60 | 1681 | 548 | 173 | 157 | 15.0 | 52.1 | 16 | - |
| 70 | 2250 | 993 | 197 | 181 | 18.0 | 62.5 | 16 | - |
| 80 | 2755 | 1633 | 212 | 197 | 20.9 | 72.6 | 15 | - |
| 90 | 3193 | 2203 | 221 | 208 | 23.2 | 80.5 | 13 | - |
| 110 | 4333 | 3420 | 248 | 222 | 27.8 | 96.6 | 26 | - |
| 100 | 3768 | 2502 | 236 | 215 | 25.1 | 87.1 | 21 | - |
| 120 | 4487 | 3480 | 256 | 222 | 28.2 | 98.0 | 24 | - |

Tabelle 24

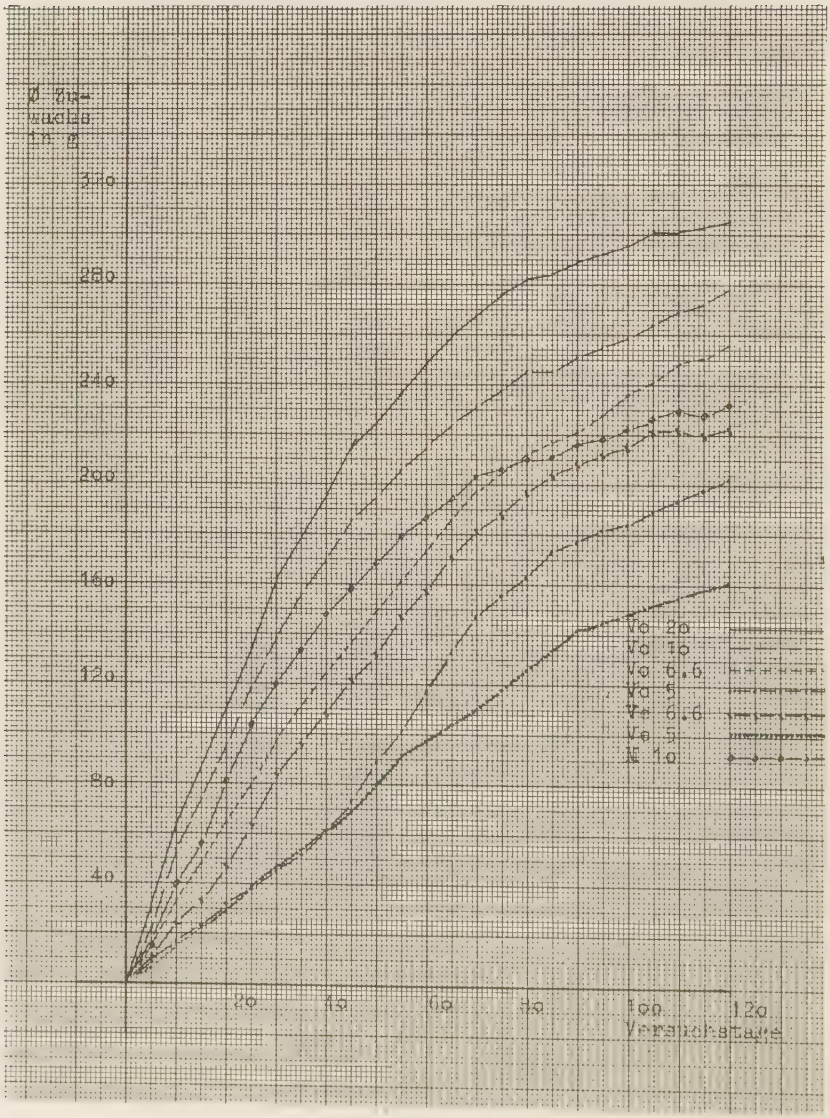
Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten 1) Vo 5 - 2) Ve 5

Tierzahl: $n_1 = 10$, $n_2 = 10$; Faktor F: 3.48

| Tage | $\sigma^2_1$ | $\sigma^2_2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma_{Diff.}$ | $\sigma_{Diff.} \times F$ | $M_1 - M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 482 | 621 | 89 | 80 | 10.5 | 36.5 | 9 | - |
| 60 | 593 | 931 | 117 | 97 | 12.4 | 43.2 | 20 | - |
| 70 | 543 | 661 | 147 | 110 | 10.9 | 37.9 | 37 | - |
| 80 | 570 | 1411 | 163 | 126 | 14.1 | 49.1 | 37 | - |
| 90 | 729 | 1334 | 177 | 141 | 14.4 | 50.1 | 36 | - |
| 100 | 902 | 1313 | 184 | 148 | 14.9 | 51.9 | 36 | - |
| 110 | 1240 | 1372 | 194 | 155 | 16.2 | 56.4 | 39 | - |
| 120 | 2198 | 1342 | 202 | 161 | 18.8 | 65.4 | 41 | - |

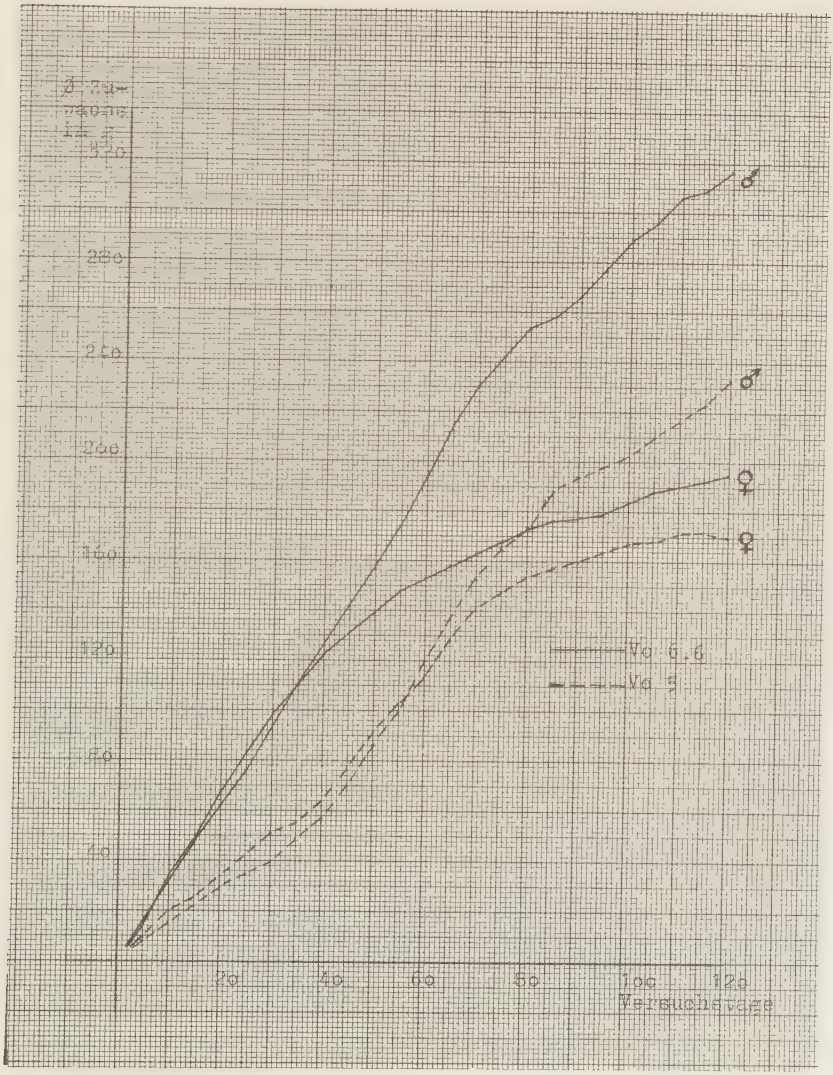
Darstellung 1

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit



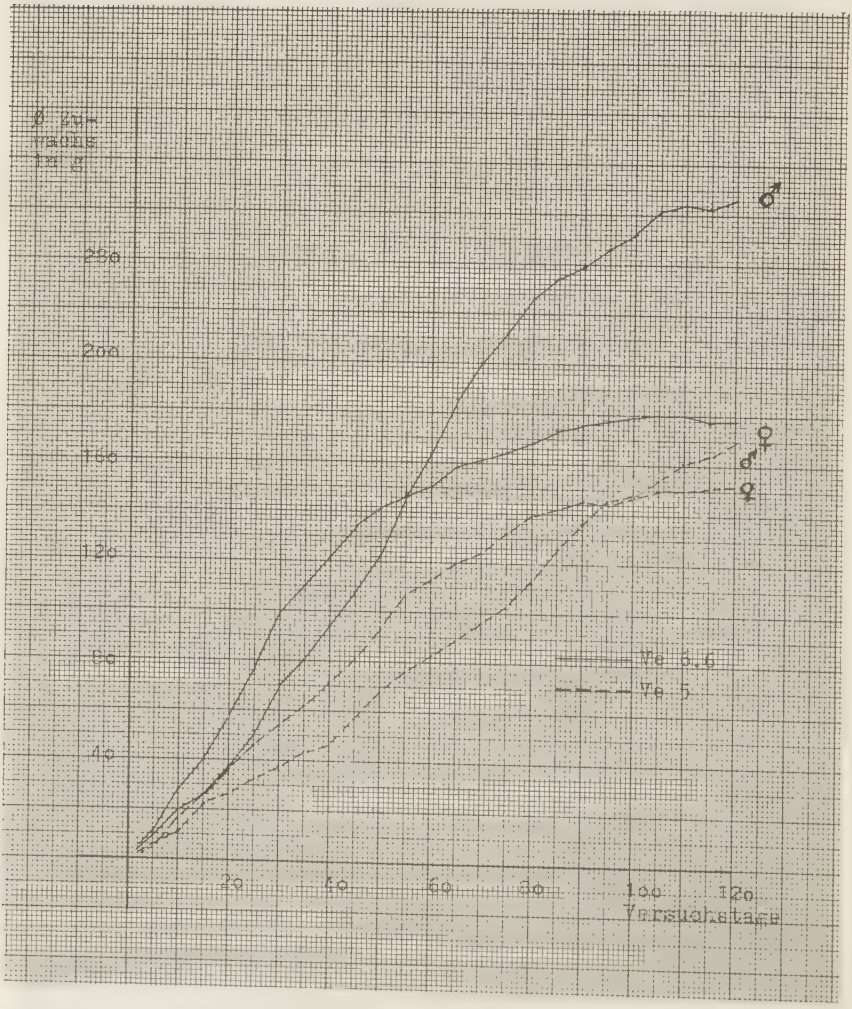
Darstellung 2

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit für männliche und weibliche Tiere der Vollei-Diäten mit 6.6 und 5 % Protein



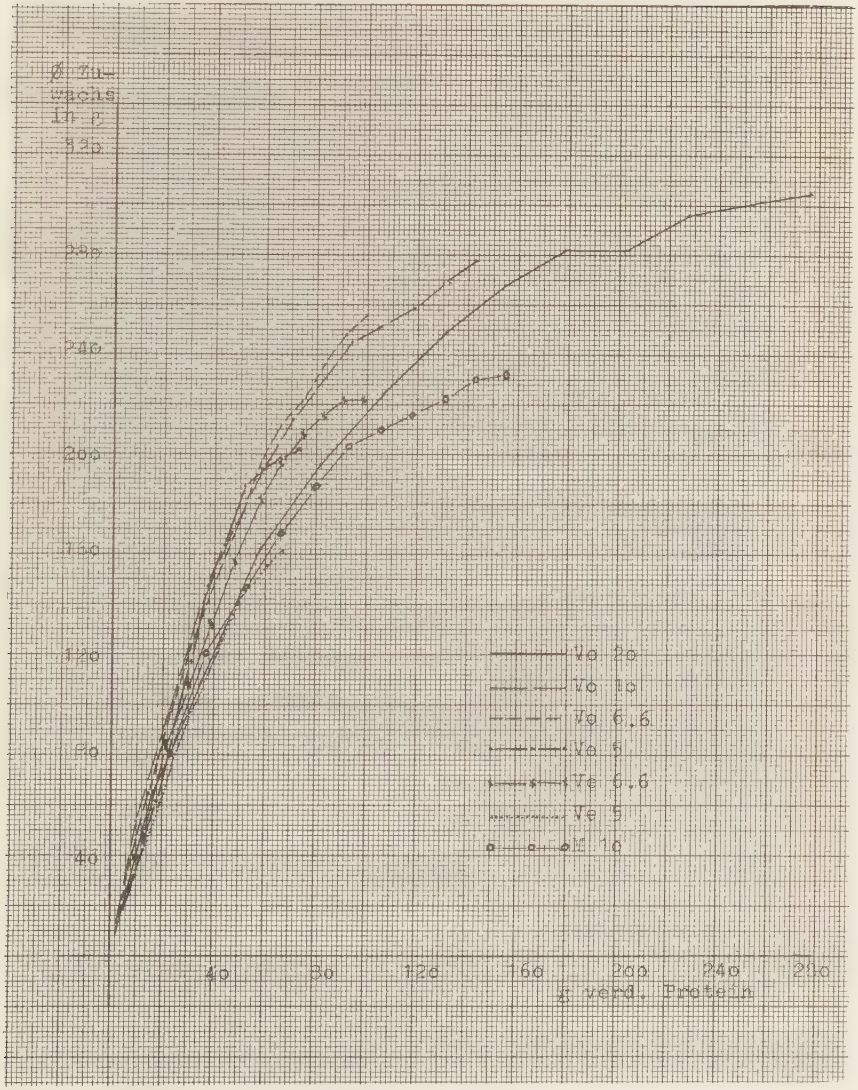
Darstellung 3

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit für männliche und weibliche Tiere der entfetteten Ei-Diäten mit 6.6 und 5 % Protein



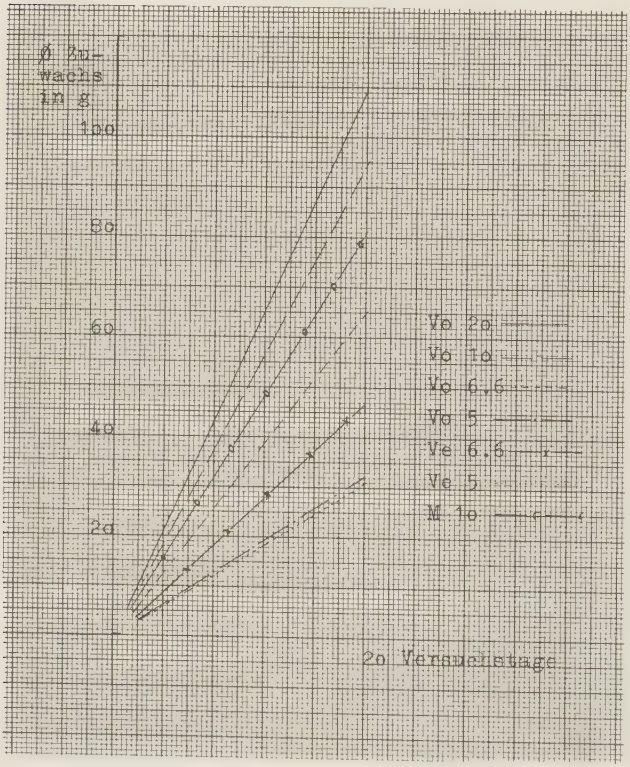
Darstellung 4

Wachstumsintensität in Abhängigkeit vom aufgenommenen verd. Protein



Darstellung 5

Steigung der Zuwachs-Zeit-Kurven aus Darstellung 1 (nach 2o Tagen)

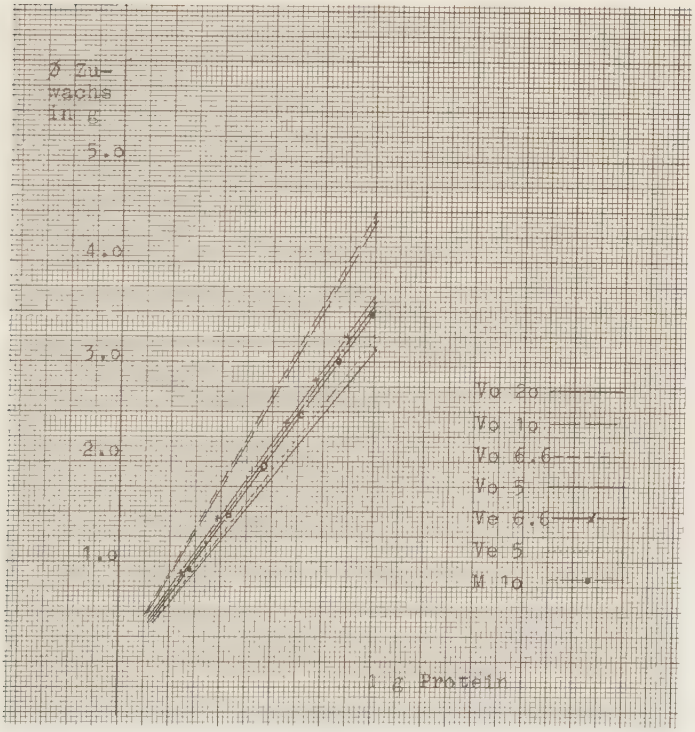



| | |
|---|---|
| Vo 2o | $79^{o}4o'$ |
| Vo 1o | $78^{o}1o'$ |
| M 1o | $76^{o}1o'$ |
| Vo 6.6 | $72^{o}5o'$ |
| Ve 6.6 | $67^{o}$ |
| Vo 5 | $58^{o}$ |
| Ve 5 | $57^{o}1o'$ |

Die Winkelangaben wurden errechnet; in der Darstellung wurde der Maßstab 1:2.5 gewählt

Darstellung 6

Steigung der Zuwachs-Protein-Kurven
aus Darstellung 4 ( nach 2o Tagen)

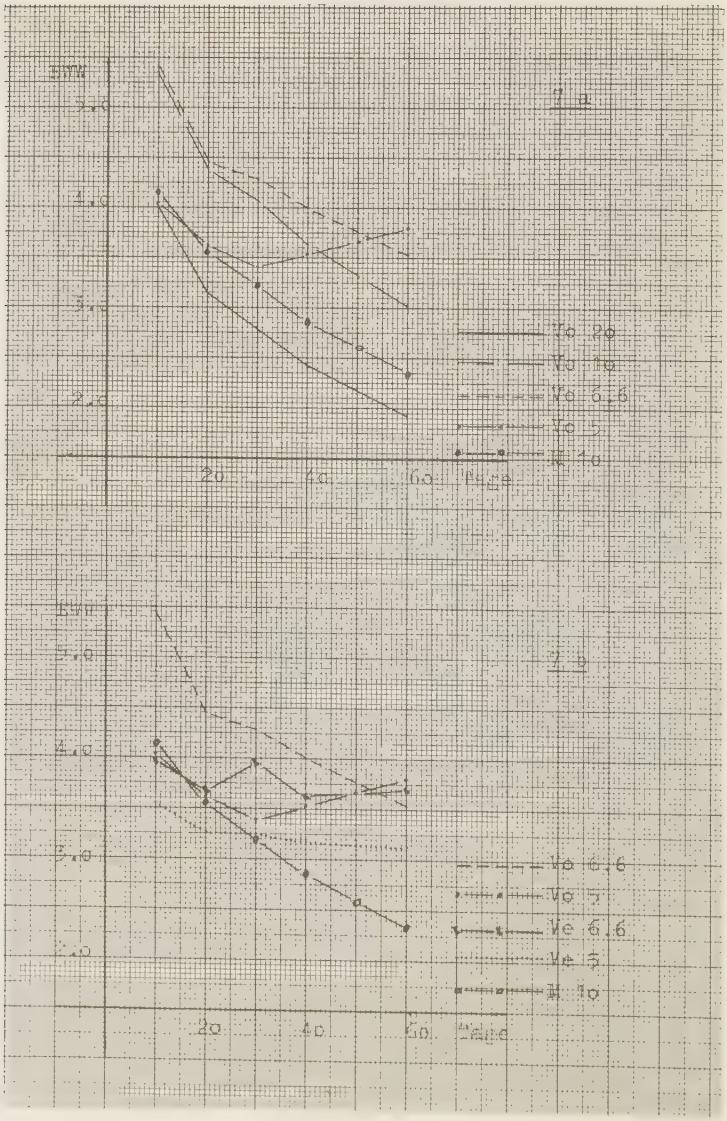



| | |
|---|---|
| Vo 6.6 | $77^{o}2o'$ |
| Vo 1o | $77^{o}1o'$ |
| Ve 6.6 | $74^{o}4o'$ |
| Vo 5 | $74^{o}3o'$ |
| M 1o | $74^{o}2o'$ |
| Ve 5 | $73^{o}$ |
| Vo 2o | $72^{o}2o'$ |

Die Winkelangaben wurden errechnet; in der Darstellung wurde der Maßstab 1:2.5 gewählt.

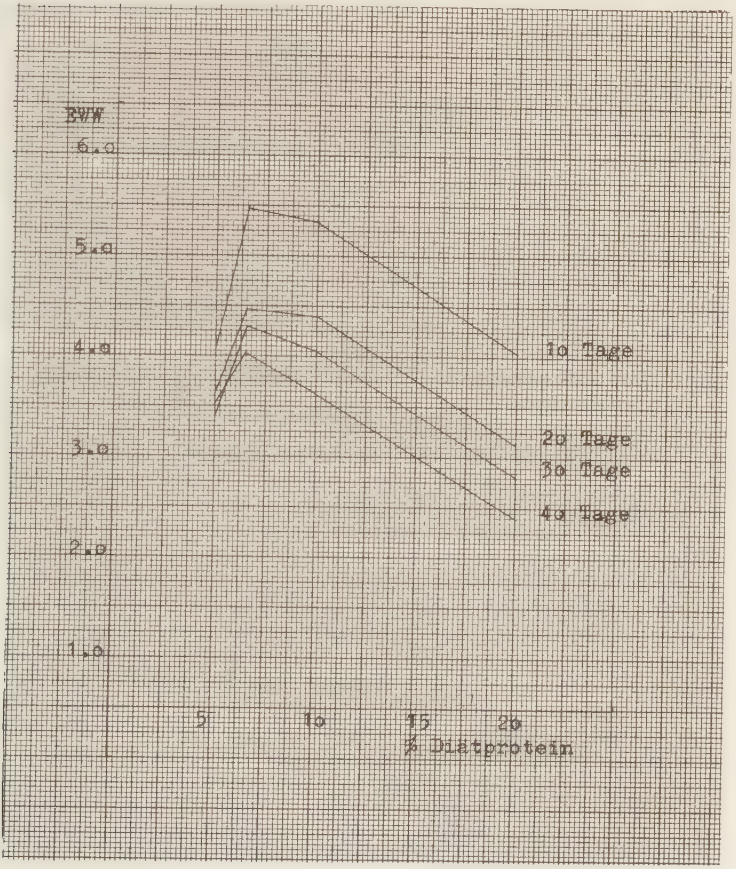
Darstellung 7

Eiweißwirkungswerte in Abhängigkeit von der Zeit



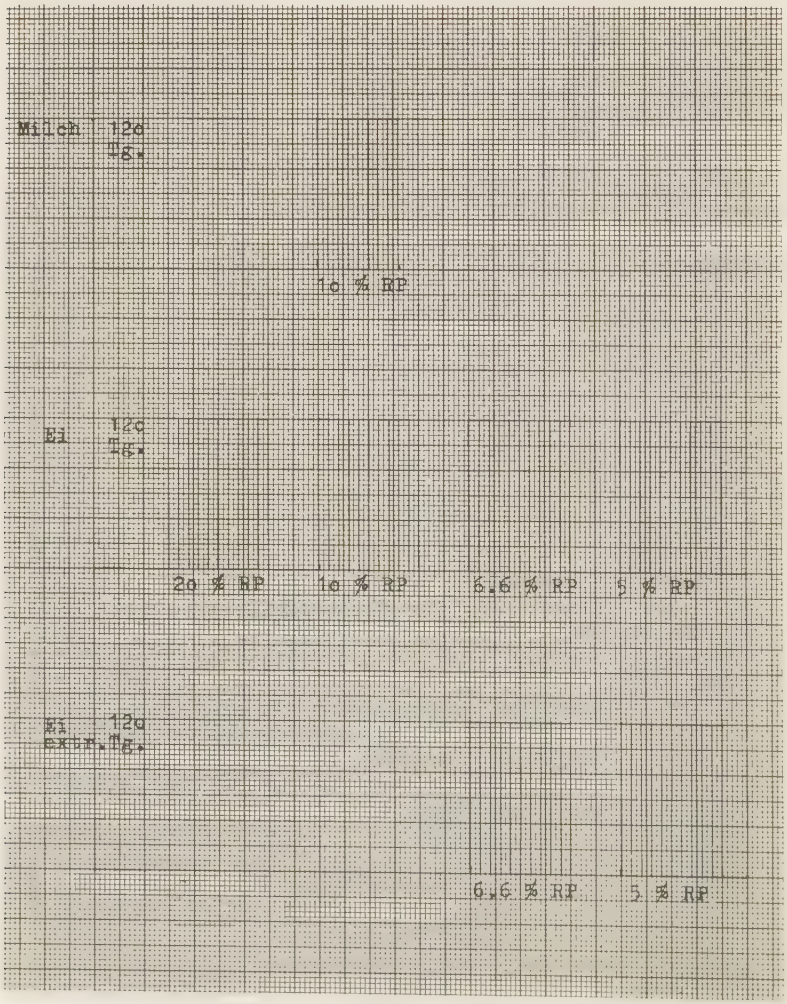
Darstellung 8

Eiweißwirkungswerte der Vollei-Versuchsreihen in Abhängigkeit vom Diätproteingehalt



Darstellung 9

Übersicht über die Versuchsergebnisse



## 4. Ergebnisse des Versuches.

Die Versuche, die die biologische Qualität des Eies bei der strengen Versuchsmethodik unseres Institutes prüfen sollten, zeigen in Bestätigung bisheriger Ansichten eindeutig, daß das Ei als ein sehr hochwertiger Proteinkörper anzusehen ist.

Wie aus der Darstellung der Wachstumsintensitäten in Abhängigkeit von der Zeit, Darstellung 1, hervorgeht, übertrifft das Ei in seiner Qualität die frische Magermilch. Abgesehen von den entfetteten Ei-Diäten und der 5 %igen Vollei-Diät bewirken die 1o und 2o %igen Vollei-Diäten ein deutlich besseres Wachstum der Versuchstiere als die 1o %ige Milch-Diät, während der Kurvenzweig der 6.6 %igen Vollei-Diät mit der Milchkurve bis zu 9o Versuchstagen nahezu gleich verläuft, um dann sogar einen größeren Zuwachs als die Magermilch zu zeigen! Erst bei unterer Ei-Proteinkonzentration der Diäten treten sichtbare Unterschiede im Verlauf der Wachstumskurven auf: für den gesamten Versuchszeitraum läßt sich für die Zuwachskurven der Reihen M 1o - Vo 6.6 und M 1o - Ve 6.6 (mit Ausnahme der ersten 2o Versuchstage) kein signifikanter Unterschied berechnen (Tabellen 19, 2o), während für den Unterschied der Kurven Vo 6.6 - Vo 5 und auch Ve 6.6 - Ve 5 im Hauptversuchsabschnitt Signifikanz gegeben ist (Tabellen 21,22).

Die 5 %igen Ei-Diäten bewirken trotz ihres geringen Protein-Gehaltes noch gutes Wachstum, während sich das Magermilch-Protein bei dieser Konzentration , entsprechend einem Nährstoffverhältnis von 1:2o, in anderen Versuchsreihen (17) als unzureichend für Wachstum und Erhaltung der Versuchstiere erwies. Allerdings dürfte die Diätproteinkonzentration von 5 % auch für

das Ei bereits gerade unterhalb des Bereiches liegen, in dem das Protein als limitierender Bestandteil einer Diät beste Ausnutzung und damit höchste Eiweißwirkungswerte zeigt (Tabellen 17, 18). Die graphischen Darstellungen 2 und 3, in denen die Zuwachswerte für die Geschlechter getrennt aufgezeichnet sind, lassen nämlich schon einen Wachstumsabfall für die Männchen-Kurven der 5 %igen Vollei- und auch entfetteten Ei-Diäten im Vergleich zu den als normal verlaufenden Männchen- und Weibchen-Kurven der 6.6 %igen Diäten erkennen, bedingt durch die größere Empfindlichkeit der männlichen Tiere, die auf eine Mangelhaftigkeit der Diäten eher reagieren als die weiblichen Ratten.

Daß nicht allein auf Grund der Wachstumskurven eine Proteinbeurteilung vorgenommen werden kann, zeigen die folgenden Darstellungen 4, 5, 6 und 7. Von der unterschiedlichen täglichen Proteinaufnahme der Versuchstiere, die durch die variable Proteinkonzentration der Diäten bedingt ist, - die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme liegt für alle Diäten nahezu gleich hoch zwischen 12 und 14 g (Tabelle 11) - abstrahiert die Darstellung 4. Hier sind die Zuwachswerte in Abhängigkeit vom aufgenommenen Protein angegeben. (Zum besseren Vergleich der beiden Zuwachskurven, Darstellungen 1 und 4, sind die Steigungen der Kurven nach 2o Versuchstagen in den Darstellungen 5 und 6 nochmal gesondert aufgetragen.) Nach Darstellung 4 zeigt sich nun für sämtliche Versuchsdiäten eine nahezu gleichmäßige Ausnutzung des angebotenen Eiweißes, unabhängig vom Zeitraum, in dem das Protein zur Verfügung stand. Die Vo 2o - Kurve deckt sich in der Darstellung, soweit es zu verfolgen ist, mit der Kurve der Ve 5 - Versuchsreihe und beide Kurvenzweige verlaufen unterhalb der anderen Diäten. Es ergibt sich

also für die Diäten, die nach Darstellung 1 schlechtestes und bestes Wachstum hervorriefen (Steigung der 2o %igen Vollei-Diät $79^{o}4o'$, der 5 %igen entfetteten Ei-Diät $57^{o}1o'$ nach Darstellung 5) eine fast gleiche Proteinausnutzung (Steigung der 2o %igen Vollei-Diät $72^{o}2o'$, der 5 %igen entfetteten Ei-Diät $73^{o}$ nach Darstellung 6); die Eiweißwirkungswerte der 2o %igen Diät liegen für alle gewählten Versuchszeiträume sogar niedriger als die Werte für die 5 %igen Diäten, Tabellen 17 und 18. Ferner erhellt aus den Darstellungen 4 und 6 wieder die im Vergleich zum Ei geringere biologische Qualität der Magermilch; außerdem weist die am steilsten verlaufende Vo 6.6 - Kurve einen Diätgehalt von 6.6 % Vollei-Protein als die Konzentrationsstufe aus, bei der eine optimale Ausnutzung des Diäteiweißes erfolgt.

Die Aussagen der Darstellung 4 werden bei Betrachtung der Eiweißwirkungswerte für die Versuchsabschnitte und für die Versuchstage bestätigt. Nach Tabelle 18 bestimmten sich die niedrigsten Eiweißwirkungswerte für den gesamten Versuchszeitraum für die 2o %ige Vollei-Diät. Das Eiweiß-Angebot von 2o % Ei-Protein ist so groß, daß es nicht nur zum Aufbau der körpereigenen Substanz verwendet wird, sondern auch als Kalorien-Spender dient. Das gleiche trifft, wenn auch in weit geringerem Maße, für die 1o %ige Vollei-Diät zu. - Obgleich die besten Eiweißwirkungswerte mit der 6.6 %igen Vollei-Diät erzielt wurden, ergab sich bei Betrachtung der Eiweißwirkungswerte, die den gesamten Versuchszeitraum von 12o Tagen erfassen, der höchste Wert aller Diäten für die 5 %ige Vollei-Diät, begründet durch die gute Ausnutzung in der Zeit vom 31. - 6o. Versuchstag. (Tabelle 17) Diese erhöhte Ausnutzung,

die im Gegensatz zu der sonst üblichen fortschreitenden Depression der Eiweißwirkungswerte während eines Versuches steht, siehe auch Darstellung 7, dürfte als eine Ausnutzungsverzögerung im Hinblick auf eine hohe Wertigkeit des Eies besonders für das ältere Tier anzusehen sein.

Um nun die Frage nach der für das Ei kritischen Diätproteinkonzentration, bei der maximale Ausnutzung erfolgt, zu klären, wurden die für die Versuchstage berechneten Eiweißwirkungswerte der Vollei-Diäten, die ja als Konzentrationsreihe vorlagen, in Abhängigkeit vom Proteingehalt der Diäten graphisch ausgewertet, Darstellung 8. Eindeutig zeigt sich für alle gewählten Zeitabschnitte, daß die höchsten Eiweißwirkungswerte für das Ei bei einer Diätproteinkonzentration von 6.6 % liegen, bei 5 % ein starker Abfall der Kurven erfolgt, die Werte aber immer noch höher sind als bei 2o % Diätprotein. Da von 6.6 % nach 1o % nur ein geringes Absinken der Eiweißwirkungswerte gegeben ist, besteht noch die Möglichkeit, daß das Maximum der Kurven nicht genau bei 6.6% sondern zwischen 6.6 % und 1o % Diätprotein zu suchen ist.

In der Darstellung 7 wird die hohe biologische Qualität der Eiproteine gegenüber dem Eiweiß der frischen Magermilch noch einmal herausgestellt. Es zeigt sich aber auch hier wieder auf Grund des anomalen Kurvenverlaufes sowohl der 5 %igen Vollei- als auch der 5 %igen entfetteten Ei-Diät, daß bei 5 % Diätprotein das Eiereiweiß nicht mehr als volle harmonische Proteinkombination anzusehen ist.

Sowohl aus Darstellung 1 als auch aus Darstellung 3 könnte sich für das entfettete Ei ein geringerer biologischer Wert als für das Vollei ablesen lassen, was besonders wieder in der Darstellung 3 für die entfettete Diät zu sehen ist: die Männchen-Kurve erreicht erst am 1oo. Versuchstag die Weibchen -Kurve. Die besseren Zuwachswerte der Vollei-Versuchsgruppen werden im höheren Fettgehalt dieser Diäten begründet sein (entfettete Ei-Diäten 3.o % Fett i.d.Trs., Vollei-Diäten 5.7 bezw. 4.3 % Fett i.d.Trs.), zumal sich für die Wachstumskurven Vo 6.6 - Ve 6.6 und Vo 5 - Ve 5 der Darstellung 1 kein signifikanter Unterschied berechnen läßt, Tabellen 23 und 24. Auch der Anstieg der Zuwachskurven verläuft sehr ähnlich, und für die Vo 5 - und Ve 5 - Diät bestimmte sich sogar eine fast gleiche Steigung von $58^{o}$ bezw. $57^{o}1o'$ (Darstellung 5).

Es möge nun noch auf die graphische Darstellung 9 eingegangen sein. Sie zeigt, daß sämtliche Tiere die Versuchsdauer von 12o Tagen überlebten und keine Ausfälle beobachtet wurden. Die Lebern einzelner Tiere zeigten bei der Sektion dubiose Veränderungen, und bei den Tieren der 2o, 1o und 5 %igen Vollei-Diäten wurden auch histologisch Leberveränderungen festgestellt. Da es sich jedoch um vereinzelten, spärlichen Zelluntergang bei nach Versuchsende getöteten Tieren handelte, dürfen diese Fälle nicht mit den sonst üblichen Erscheinungen der alimentären Lebernekrose gleichgestellt werden, zumal der Vitamin-E-Gehalt der Vollei-Diäten für einen Leberschutz ausreicht. Nach den Angaben von SCHWARZ (7o) gewährleisten 5o γ Vitamin E pro Tag pro Tier einen 5o %igen Leberschutz, und die tägliche Vitamin-E-Zufuhr pro Tier dürfte bei unseren Vollei-Diäten je nach Protein-Konzentration zwischen

1oo und 4oo γ gelegen haben, wenn mit einem Gehalt von 2 mg Vitamin E pro 1oo g Frischmaterial (Vollei) (1o1) gerechnet wird. - Daß überhaupt ein Zelluntergang nachzuweisen ist, könnte darin seine Ursache haben, daß den Ratten bei den 2o und 1o %igen Vollei-Diäten relativ große Mengen Fett zur Verfügung standen (Vo 2o: 17.1 %, Vo 1o: 8.2 %); von GYÖRGY und GOLDBLATT (61) wurde ja bereits darauf hingewiesen, daß eine Erhöhung des Fettgehaltes in Hefe-Diäten Lebernekrosen hervorrief. - Bei der 5 %igen Vollei-Diät entspricht der Fettgehalt (4.3 % i.d.Trs.) eher der normalen Konzentration, jedoch dürfte hier bei dem geringen Proteinangebot eine größere Empfindlichkeit der Ratten gegenüber der Zusammensetzung des Diätfettes einen Einfluß ausgeübt haben, da durch das Eierfett der Gehalt der ungesättigten Fettsäuren, deren Anstieg im Futter das Auftreten von Lebernekrosen beschleunigt (61), in den Vollei-Diäten höher liegt als beispielsweise bei den Milch-Diäten. Zum Vergleich mögen noch die Jodzahlen (Durchschnittswerte) für das Eieröl, 73, Kuhmilchfett, 29, und Schweineschmalz, 56, angeführt sein (1o2). - Die Differenzen zwischen dem Vollei und dem entfetteten Ei bezüglich des Auftretens der Leberschäden, bei den letzteren wurde kein Zelluntergang beobachtet, dürfte ebenfalls in dem voneinander abweichenden Fettgehalt und der unterschiedlichen Zusammensetzung des Diätfettes zu suchen sein.

Bei Bezug der Eiweißwirkungswerte auf die entfettete Ei-Diät berechnet sich die Biologische Wertigkeit der Magermilch zu 66.3 %. Hier sind wohl die Diäten vergleichbar, beim Ei-Protein ist aber nicht sichergestellt, ob es sich um das natürliche Produkt handelt,

d.h. daß die Extraktion des Fettes keine Veränderung (Denaturierung) im Ei bewirkt hat, worauf sich aus dem Verlauf der Kurven in den Darstellungen 1 und 3 schließen läßt.

Biologische Wertigkeit von Magermilch und Ei (Vergleich der Eiweißwirkungswerte für den gesamten Versuchszeitraum) .

| Nahrungsprotein | Biologische Wertigkeit |
|---|---|
| Vollei | 1oo % |
| Magermilch | 58.4 % |
| Extrahiertes Ei | 88.2 % |
| Extrahiertes Ei | 1oo % |
| Magermilch | 66.3 % |

## II. Diäten mit entfettetem Ei bei niedriger Proteinkonzentration.

In den vorangehenden Versuchen zeigte sich für das Ei eine hervorragende, frische Magermilch übertreffende, biologische Qualität. Da auch für hochwertigste Proteine wie Algen und Magermilch in unteren Konzentrationsbereichen bei Verfütterung an Ratten Lebernekrosen festgestellt wurden (17), war die Frage zu klären, ob auch für das Ei eine Nekroseschwelle vorhanden ist. Wir hatten deshalb bereits im vorstehenden Versuch eine Diätproteinkonzentration von 5 % - bei Algen und Magermilch treten beim Nährstoffverhältnis 1:15 entsprechend etwa 6.6 % Diätprotein die ersten Nekrosefälle auf - in die Versuchsreihen einbezogen, um mit Sicherheit auch durch Ei-Diäten Nekrosen zu erzeugen. Wie sich jedoch herausstellte, überlebten sämtliche Tiere die Versuchsdauer und zeigten gutes Wachstum.

Es werden nun weitere Versuche mit Eiern durchgeführt, in denen der Diätproteingehalt auf 3.3 und 2 % (entsprechend einem Nährstoffverhältnis von 1:3o und 1:5o) eingeschränkt ist. In solchen Diäten würde der Vitamin-E-Gehalt bei Verwendung von Voll-Ei als Proteinquelle etwa 5o bezw. 3o γ pro 1o g Futter (siehe Seite 68, (1o1) ) betragen, also unterhalb der Menge liegen, die SCHWARZ als erforderlich für einen 5o %igen Schutz angibt (7o). Wir benutzten für diese Versuche jedoch nur entfettetes Ei, also weitgehend fett- und damit auch Vitamin-E-freies Ausgangsmaterial, um eine Verhütung von Nekrosen durch den Leberschutzstoff auszuschließen. Es erschien auch wünschenswert, über den Verlauf der Fettextraktion und den Vitamin-E-Gehalt des Untersuchungsmaterials nähere Angaben zu erhalten.

Als Vergleichsdiät wurde bei diesen Versuchen eine frische Magermilch-Diät mit 6.6 % Protein benutzt. Die Diäten mit 6.6 und 5 % entfettetem Ei-Protein wurden ebenfalls noch einmal mitgeführt, um einmal einen Anschluß an den vorherigen Versuch zu haben und weiterhin zu prüfen, ob die stärkere Beanspruchung des Eiproduktes bei der Extraktion einen Einfluß auf die biologische Qualität ausübte.

1. Aufarbeitung und Analyse der Proteinträger.

Die verwendete Magermilch wurde wie im vorangehenden Versuch beschrieben (S. 38) aufgearbeitet. Die Eier wurden ebenfalls in der angegebenen Weise gekocht und getrocknet (S. 36) und nur das getrocknete Gelbei der Fettextraktion unterworfen. Als Fettlösungsmittel wurde wieder Äthylenchlorid benutzt.

a) Fettextraktion.

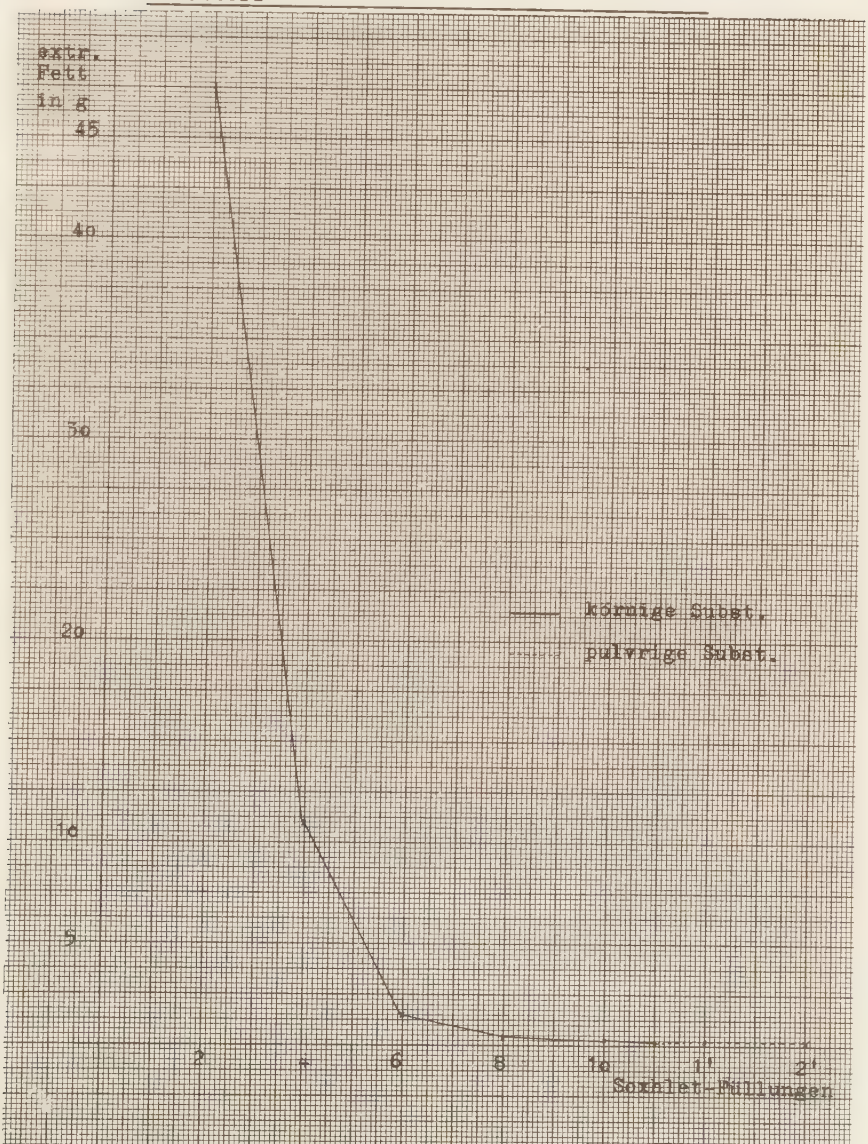
Die Extraktion des Eieröles erfolgte grundsätzlich auf die gleiche Weise wie in der vorstehend beschriebenen Versuchsanordnung. Um jedoch einen Überblick über den Verlauf der Extraktion zu bekommen, wurden Daten über die jeweils ausgezogenen Mengen Fett festgehalten. Wir verfuhren dabei folgendermaßen:
Eine abgewogene Menge des körnigen, trockenen Dotters wurde in die Extraktionshülse eingefüllt, die zur Kontrolle der Temperatur mit 2 Maximumthermometern in der Mitte und an der oberen Schicht der Füllung versehen war. Äthylenchlorid wurde wie gewohnt zum Sieden erhitzt und destillierte in den Soxhlet-Kolben. Bei einem bestimmten Stand des Lösungsmittels im Soxhlet wurde dann der Rund-Kolben mit der bereits extrahierten

Substanz gegen einen neuen Kolben ausgewechselt, und nach Verdampfen des Lösungsmittels der Rückstand zur Wägung gebracht. Der im Eierfett gelöste Farbstoff des Eies, das Lutein, gestattete einen ungefähren Anhalt über das Maß der bereits erfolgten Fettabscheidung. So waren die bei den früheren Ei-Extraktionen erhaltenen Äthylenchlorid-Auszüge, die anfangs tiefbraun gefärbt waren und später einen gelblichen Ton annahmen, zum Ende der angegebenen Extraktionsdauer völlig farblos geworden. Beim Erreichen dieses Zeitpunktes wurde auch hier die Extraktion abgebrochen. Das inzwischen farblos gewordene Dottermaterial wurde im Hausmann-Exsikkator vom Lösungsmittel befreit. Es erfolgte dann eine Zerkleinerung im Starmix und eine erneute Extraktion der pulvrigen Substanz. Die Zerkleinerung sollte neue Oberflächen schaffen und damit eine weitere Extraktion des restlichen Eierfettes ermöglichen. Wie jedoch aus der Darstellung 1o hervorgeht, gelang dieses nicht, denn es hätte sich in einem ansteigenden Knick des asymptotisch verlaufenden Kurvenzuges ausdrücken müssen.

Für unsere Versuche wurde das Gelbei wie besprochen mit Äthylenchlorid extrahiert und dann zerkleinert. Da infolge der nahezu mehligen Beschaffenheit des zerkleinerten Dotters eine weitere Extraktion im Soxhlet nicht geeignet erschien, wurde das Material in einem großen Kolben mit einer entsprechenden Menge Lösungsmittel von 65 - 7o $^{o}$ C unter Umschütteln 15 min in Kontakt gebracht. Anschließend wurde das Pulver auf einer Nutsche rasch abgesaugt und nach zweimaliger Wiederholung des Ausschüttelns getrocknet, mit dem gestarmixten Eiklar vermischt und nach Analyse zu den Diäten aufgearbeitet.

Darstellung 1o

Verlauf der Fettextraktion des getrockneten Eidotters



Der Fettgehalt der so vorbereiteten Ei-Proben weist im Vergleich zu denen des ersten Versuches keine Unterschiede auf. Mit Äthylenchlorid ist also der nach Salzsäure-Aufschluß bestimmte Rohfettgehalt des Eies nur bis auf durchschnittlich 3 % Fett i.d.Trs. herabzusetzen. Bei Beurteilung dieses Wertes ist zu berücksichtigen, daß bei der Fettbestimmung nicht nur reine Fettsubstanzen erfaßt werden. Die im Dotter vorhandenen großen Mengen Ei-Lecithin werden infolge Bindung eines Teils dieser Phosphatide an das Vitellin durch Äthylenchlorid nicht vollständig in Lösung gebracht, werden jedoch nach dem Salzsäure-Aufschluß des extrahierten Materials für die Fettbestimmung als Rohfett miterfaßt. Dafür spricht auch der Befund, daß eine Fettbestimmung im entfetteten Ei ohne vorherigen Aufschluß, also der Ätherauszug, nur einen Fettgehalt von o.3 % i.d.Trs. ergibt. Auch bei dem Eimaterial der Rutger University wurde in einer Analyse, die von einem Untersuchungsinstitut vorgenommen wurde, der Fettgehalt (Ätherauszug) mit o.2 % angegeben (97). - Weiter wurde eine Probe des entfetteten Dotters mit 8o %igem Alkohol, durch den das Lecithalbumin in die Phosphatid- und Eiweißkomponente zerlegt wird, extrahiert. Der Rohfettgehalt wurde daraufhin nach Aufschluß mit Salzsäure um ca. 5o % niedriger liegend gefunden als vorher (von 6.3 auf 3.6 % i.d.Trs.), was ebenfalls für die ungenügende Extraktion des Lecithins aus dem Lecithalbumin spricht.

Bei der Entfettung unseres Versuchsmaterials ging es in erster Linie darum, durch die Extraktion des Fettes ein Vitamin-E-freies Ausgangsmaterial zu erhalten. Bei einem Absinken des Fettanteils von 42.5 auf 3 % i.d. Trs. in den Eiern, konnte auch nur noch mit einem

sehr niedrig liegenden Vitamin-E-Gehalt gerechnet werden. Genauere Angaben darüber sollten durch Vitamin-E-Bestimmungen im entfetteten Ei erhalten werden.

b) Vitamin-E-Bestimmung.

Für die chemische Bestimmung des Vitamin E kommt eine Reihe von Methoden in Frage, jedoch ist ein Nachweis der einzelnen Tokopherole nur nach einer säulen- oder papierchromatographischen Auftrennung der einzelnen Abkömmlinge möglich. Wir arbeiteten nach der von FELDHEIM (1o3) angegebenen Vorschrift, die auf der von EMMERIE und ENGEL (1o4) vorgeschlagenen Methode - Oxydation des Tokopherols durch Eisen(III)-chlorid zum p-Chinon, dem Tokopherylchinon - beruht und den Gesamtgehalt der Tokopherole erfaßt. Von FELDHEIM ist die Vorschrift für Routine-Untersuchungen ausgearbeitet worden und hat bei der Bestimmung des Vitamin-E-Gehaltes in Naturstoffen als empfindlichste Methode gute Ergebnisse gezeigt (1o6, 1o6).

Das feinzerriebene Untersuchungsmaterial wird nach einstündiger Verseifung mit methanolischer Kalilauge unter Zusatz von Natriumascorbat als Antioxydanz mit Äther erschöpfend ausgeschüttelt. Der Ätherauszug wird unter Stickstoff zur Trockne eingeengt, der Rückstand mit Benzol aufgenommen und nach Abtrennung störender Begleitstoffe (Carotin, Vitamin A, Carotinoide, Sterine) durch Adsorption an Floridinerde (1o7),vom Lösungsmittel befreit. Nunmehr wird der Rückstand in absolutem Alkohol gelöst, mit einer Lösung von Eisen(III)-chlorid versetzt und die Menge der durch Oxydation gebildeten Eisen(II)-Ionen, die mit zugesetztem 2,2'-Dipyridyl einen stabilen, rotgefärbten Komplex bilden, colorimetrisch gemessen und ausgewertet.

Die Vitamin-E-Bestimmung der entfetteten Ei-Proben zeigte wie erwartet ein proportional der Fettextraktion verlaufendes Absinken des Vitamin-E-Gehaltes auf durchschnittlich 1.1 γ E/g Trs. Die Werte der einzelnen Proben finden sich neben den übrigen analytischen Daten in der Tabelle 25. Im Eiklar, der nahezu fettfreien Substanz, waren nur Spuren des Tokopherols, < 1 γ E/g Trs., nachzuweisen, während eine Probe noch nicht entfetteten Dotters 26.8 γ Vitamin E/g Trs. enthielt. Dieser im Vergleich mit Literaturangaben (1o1) niedrige E-Gehalt des Gelbeies bestätigt die auch von anderer Seite beschriebene, weitgehend von der Fütterung der Hühner abhängige Tokopherol-Konzentration im Hühnerei (1o8), die durch zusätzliche E-Gaben im Futter sogar auf den 3 - 4 fachen Gehalt angehoben werden kann (1o9, 11o). Diese Abhängigkeit wird auch für andere tierische Produkte wie z.B. die Milch beschrieben (1o9). Da unser Versuchsmaterial in getrocknetem Zustand verwendet wurde, ist weiterhin eine Oxydation des Tokopherols durch den Luftsauerstoff während der Trocknung denkbar, die einen Einfluß auf die Höhe der E-Konzentration unserer Proben ausübt. Wie groß der Einfluß der Trocknung auf die Tokopherol-Gehalte von Nahrungsproteinen - im besonderen auch der Eier und der Milch - sind, müßte die Fragestellung einer besonderen Untersuchung sein.

c) Analytische Angaben.

Die analytische Zusammensetzung der entfetteten Ei-Chargen ergibt sich aus der Tabelle 25. Für die Zusammensetzung der Magermilch gelten die in Tabelle 5, Seite 39, angegebenen Daten.

Tabelle 25

Zusammensetzung der entfetteten Eier in %,i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | 1. Charge | 2. Charge | 3. Charge |
|---|---|---|---|
| Rohprotein | 88.27 | 85.67 | 87.29 |
| Rohfett | 3.32 | 3.76 | 3.96 |
| Asche | 3.58 | 3.75 | 3.5o |
| N-freie Extraktstoffe | 4.83 | 6.82 | 5.25 |
| Vitamin E in γ pro g | 1.4 | 1.3 | o.5 |

2. Zusammensetzung der Diäten.

Es wurden in diesem Versuch Diäten mit 6.6, 5.o, 3.3 und 2.o % Ei-Protein verfüttert, die im Folgenden als E 6.6, E 5, E 3.3 und E 2 bezeichnet werden. Als Vergleichsdiät wurde eine 6.6 %ige frische Magermilch-Diät, M 6.6 gewählt, bei der wohl mit einer Reduzierung aber nicht mit einem völligen Ausfall der Tiere durch Leberschäden während des Versuchszeitraumes gerechnet werden mußte, und somit ein Vergleich der Wachstumskurven noch möglich war.

Die eiweißmonochromatischen Diäten wurden wie im vorherigen Versuch auf den prozentualen Nährstoffgehalt berechnet. Die zugesetzten Nahrungsstoffe waren wiederum Schweineschmalz (Vitamin-E-frei), Salzgemisch nach Hawk-Oser, aschefreie Filterpapierflocken und die Vitaminlösungen (Tabellen 7, 8). Zusätzlich wurde jede Diät nun noch mit Vitamin $B_{12}$ (15 γ auf 1ooo g Futter, Tagesration ca. o.15 γ) versehen. Der Nährstoffgehalt der Diäten und die Zusammensetzung der Futter ergeben sich aus den Tabellen 26 und 27.

Tabelle 26

Komponenten der Diäten in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Protein | 6.6 | 5.o | 3.3 | 2.o | 6.6 |
| Fett | 3.o | 3.o | 3.o | 3.o | 3.o |
| Minerals. | 5.o | 5.o | 5.o | 5.o | 5.o |
| Zellulose | 2.o | 2.o | 2.o | 2.o | 2.o |
| N-freie Extraktstoffe | 83.4 | 85.o | 86.7 | 88.o | 83.4 |
| Cal/1o g | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.7 |
| Cal/1o g$^{x}$ | 37.o | 37.6 | 38.3 | 38.9 | 37.o |
| Vitamin E in γ pro 1o g | o.8 | o.6 | o.4 | o.2 | - |

x = ohne Protein-Brennwert

Tabelle 27

Prozentuale Zusammensetzung der Diäten, i.d.Trs.

| Bestandteile | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Entf. Ei | 7.58 | 5.74 | 3.79 | 2.27 | - |
| fr.Magermilch | - | - | - | - | 16.85 |
| Schmalz | 2.72 | 2.79 | 2.86 | 2.92 | 2.96 |
| Salzgemisch | 4.72 | 4.78 | 4.86 | 4.91 | 3.56 |
| Zellulose | 2.oo | 2.oo | 2.oo | 2.oo | 2.oo |
| Weizenstärke | 82.98 | 84.69 | 86.49 | 87.9o | 74.63 |

3. Experimentelle Durchführung.

Auf die verschiedenen Versuchsdiäten wurden die Versuchstiere wie üblich verteilt. Die Aufzuchtversuche erstreckten sich über 12o Tage.

Bei der 3.3 %igen Diät wurde nach 11o Tagen der Versuch abgebrochen. Da die Tiere dieser Versuchsreihe über den langen Versuchszeitraum hin nach anfänglicher Gewichtsabnahme und anschließender geringer Zunahme ihr Anfangsgewicht wieder erreicht hatten, also praktisch kein Wachstum gezeigt hatten, sollte in einem Vorversuch geprüft werden, ob es möglich ist, solche Versuchstiere zur Austestung anderer Nahrungsproteine in Wachstumsversuchen zu benutzen. Weitere Angaben hierüber finden sich in dem entsprechenden Abschnitt.

Die erhaltenen Versuchsdaten der Magermilch- und Ei-Diäten sind für alle Tiere in den Tabellen 28, 29, 3o zusammengestellt. Gewichtszunahmen und Futterverzehr wurden bestimmt; die Höhe der Proteinaufnahme, Tabelle 31, und die Eiweißwirkungswerte für die Reihen, bei denen die Tiere einen Gewichtszuwachs gezeigt hatten, errechnet, Tabelle 32. Eine Übersicht über die Versuchsdaten findet sich in der Tabelle 33.

Die graphischen Darstellungen zeigen in Darstellung 11 die Wachstumsintensität der Versuchsreihen, die in Darstellung 12 für die Männchen und Weibchen der 6.6 und 5 %igen Diät nochmals gesondert aufgezeichnet sind, um einen Vergleich mit dem ersten Versuch zu ermöglichen. Darstellung 13 zeigt den Zuwachs in Abhängigkeit von der aufgenommenen Proteinmenge. Die Steigungswinkel der Kurven aus den Darstellungen 11 und 13 sind zum besseren Vergleich in den Darstellungen 14 und 15 aufgezeichnet. Die Abhängigkeit der Eiweißwirkungswerte von der Zeit zeigt die Darstellung 16, eine Versuchsübersicht die Darstellung 18 und eine weitere Auswertung der Versuchsangaben die logarithmische Darstellung 17.

Tabelle 28

Durchschnittlicher Zuwachs in g

| nach Tagen | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 2 | 4 | - 1 | - 3 | 11 |
| 1o | 4 | 8 | - 1 | - 5 | 25 |
| 15 | 7 | 1o | - 1 | - 7 | 34 |
| 2o | 9 | 11 | - 3 | - 9 | 44 |
| 25 | 13 | 17 | - 2 | - 1o | 57 |
| 3o | 2o | 18 | - 2 | - 11 | 7o |
| 35 | 24 | 21 | - 2 | - 11 | 85 |
| 4o | 3o | 23 | - 3 | - 11 | 95 |
| 45 | 39 | 26 | - 3 | - 13 | 1o4 |
| 5o | 47 | 29 | - 3 | - 13 | 1o9 |
| 55 | 54 | 31 | - 2 | - 12 | 116 |
| 6o | 62 | 35 | - 2 | - 11 | 123 |
| 65 | 7o | 36 | - 2 | - 12 | 13o |
| 7o | 77 | 41 | - 2 | - 14 | 135 |
| 75 | 87 | 48 | o | - 13 | 146 |
| 8o | 95 | 52 | - 1 | - 15 | 147 |
| 85 | 1o5 | 59 | - 1 | - 14 | 154 |
| 9o | 1o9 | 63 | o | - 13 | 156 |
| 95 | 112 | 65 | + 5 | - 12 | 159 |
| 1oo | 123 | 71 | + 6 | - 11 | 162 |
| 1o5 | 126 | 74 | + 4 | - 1o | 162 |
| 11o | 129 | 76 | + 5 | - 13 | 164 |
| 115 | 134 | 79 | - | - 16 | 167 |
| 12o | 144 | 83 | - | - | 174 |

Tabelle 29

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tage | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.- 1o. | 7 | 7 | 6 | 5 | 9 |
| 11.- 2o. | 7 | 6 | 5 | 4 | 11 |
| 21.- 3o. | 8 | 7 | 4 | 4 | 13 |
| 31.- 4o. | 8 | 7 | 4 | 4 | 14 |
| 41.- 5o. | 1o | 7 | 4 | 4 | 13 |
| 51.- 6o. | 12 | 7 | 4 | 4 | 13 |
| 61.- 7o. | 12 | 8 | 4 | 4 | 13 |
| 71.- 8o. | 12 | 9 | 5 | 4 | 14 |
| 81.- 9o. | 12 | 1o | 5 | 4 | 13 |
| 91.-1oo. | 14 | 1o | 5 | 3 | 13 |
| 1o1.-11o. | 14 | 1o | 5 | 4 | 13 |
| 111.-12o. | 13 | 1o | - | 4 | 14 |

Tabelle 3o

Durchschnittliche Futteraufnahme
nach Versuchstagen in g

| nach Tagen | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1o | 65 | 69 | 61 | 53 | 93 |
| 2o | 139 | 128 | 1o6 | 9o | 199 |
| 3o | 214 | 195 | 149 | 125 | 326 |
| 4o | 295 | 264 | 187 | 162 | 47o |
| 5o | 394 | 334 | 225 | 198 | 6o4 |
| 6o | 51o | 4o6 | 264 | 239 | 732 |
| 7o | 625 | 487 | 3o7 | 275 | 866 |
| 8o | 747 | 58o | 353 | 312 | 1oo3 |
| 9o | 88o | 675 | 4o1 | 35o | 1137 |
| 1oo | 1o15 | 772 | 45o | 383 | 1265 |
| 11o | 115o | 87o | 498 | 422 | 1391 |
| 12o | 1281 | 968 | - | 56o | 1526 |

Tabelle 31

Durchschnittliche Proteinaufnahme (verd.)
nach Versuchstagen in g

| nach Tagen | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1o | 4.o | 3.2 | 1.9 | 1.o | 5.8 |
| 2o | 8.6 | 6.o | 3.2 | 1.7 | 12.4 |
| 3o | 14.8 | 9.1 | 4.5 | 2.3 | 2o.2 |
| 4o | 18.1 | 12.3 | 5.7 | 3.o | 29.2 |
| 5o | 24.2 | 15.6 | 6.7 | 3.7 | 37.6 |
| 6o | 31.4 | 18.9 | 8.1 | 4.4 | 45.5 |
| 7o | 38.4 | 22.7 | 9.4 | 5.1 | 53.9 |
| 8o | 45.9 | 27.o | 1o.8 | 5.8 | 62.4 |
| 9o | 54.1 | 31.5 | 12.2 | 6.5 | 7o.7 |
| 1oo | 62.4 | 36.o | 13.7 | 7.1 | 78.7 |
| 11o | 7o.7 | 4o.5 | 15.2 | 7.8 | 86.5 |
| 12o | 78.8 | 45.1 | - | 8.6 | 94.9 |

Tabelle 32

Berechnung der Eiweißwirkungswerte für Versuchstage und Versuchsabschnitte

| Diät | Versuchs-tage | Zuwachs in g | Protein-aufnahme in g | Zuwachs/ Protein-aufnahme |
|---|---|---|---|---|
| E 6,6 | 1.- 30. | 19.5 | 14.8 | 1.32 |
| | 31.- 60. | 42.7 | 16.6 | 2.57 |
| | 61.- 90. | 46.3 | 22.7 | 2.04 |
| | 91.-120. | 35.3 | 24.7 | 1.43 |
| E 5 | 1.- 30. | 18.4 | 9.1 | 2.02 |
| | 31.- 60. | 16.6 | 9.8 | 1.69 |
| | 61.- 90. | 27.6 | 12.6 | 2.19 |
| | 91.-120. | 20.2 | 13.6 | 1.49 |
| E 3,3 | 90.-110. | 5.0 | 3.0 | 1.67 |
| M 6,6 | 1.- 30. | 69.9 | 20.2 | 3.46 |
| | 31.- 60. | 52.6 | 25.3 | 2.08 |
| | 61.- 90. | 33.2 | 25.2 | 1.32 |
| | 91.-120. | 18.5 | 24.2 | 0.76 |
| E 6,6 | 1.- 10. | 3.7 | 4.0 | 0.93 |
| | 1.- 20. | 9.2 | 8.6 | 1.07 |
| | 1.- 30. | 19.5 | 14.8 | 1.32 |
| | 1.- 40. | 29.5 | 18.1 | 1.63 |
| | 1.- 60. | 62.2 | 31.4 | 1.98 |
| | 1.-120. | 143.8 | 78.8 | 1.82 |
| E 5 | 1.- 10. | 8.1 | 3.2 | 2.53 |
| | 1.- 20. | 10.9 | 6.0 | 1.82 |
| | 1.- 30. | 18.4 | 9.1 | 2.02 |
| | 1.- 40. | 22.9 | 12.3 | 1.86 |
| | 1.- 60. | 35.0 | 18.9 | 1.85 |
| | 1.-120. | 82.8 | 45.1 | 1.84 |
| M 6,6 | 1.- 10. | 25.3 | 5.8 | 4.36 |
| | 1.- 20. | 43.8 | 12.4 | 3.53 |
| | 1.- 30. | 69.9 | 20.2 | 3.46 |
| | 1.- 40. | 95.0 | 29.2 | 3.25 |
| | 1.- 60. | 122.5 | 45.5 | 2.69 |
| | 1.-12o. | 174.2 | 94.9 | 1.84 |

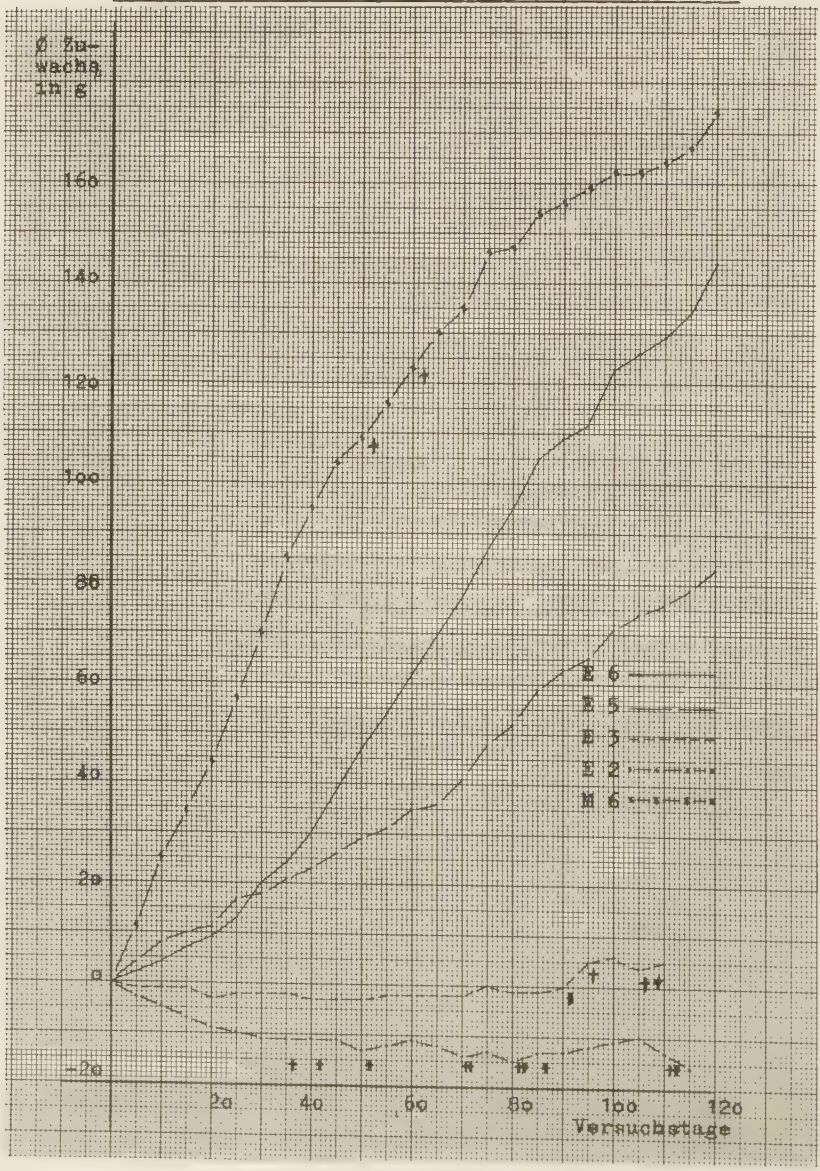
Tabelle 33

Übersicht über die Versuchsdaten

| | E 6.6 | E 5 | E 3.3 | E 2 | M 6.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsdauer in Tg. | 12o | 12o | 11o | 12o | 12o |
| Zahl der Versuchstiere | 6 | 8 | 1o | 1o | 8 |
| Zahl der gest. Tiere | - | - | 4 | 1o | 2 |
| Zahl der histol. untersuchten Lebern | 6 | 8 | 4 | 9 | 8 |
| Fälle mit Lebernekrose (Dobb. +) | - | - | 3 | 1 | 2 |
| % der an Nekrose gest. Tiere | - | - | 3o | 1o | 25 |
| Ø Lebensdauer der Tiere mit Lebernekr. in Tagen | - | - | 1o4 | 89 | 56 |
| Mortalitätsquote | - | - | 4o | 1oo | 25 |
| Nekrogenitätsquotient | - | - | 1.6 | 4.1 | 13.4 |
| Ø tgl. Futteraufn. in g | 11 | 8 | 5 | 4 | 13 |
| Eiweißwirkungswerte: | | | | | |
| 1.-3o. Tag | 1.32 | 2.o2 | - | - | 3.46 |
| 31.-6o. | 2.57 | 1.69 | - | - | 2.o8 |
| 61.-9o. | 2.o4 | 2.19 | - | - | 1.32 |
| 91.-12o. | 1.43 | 1.49 | 1.67 | - | o.76 |
| 1.- 1o. | o.93 | 2.53 | - | - | 4.36 |
| 1.- 2o. | 1.o7 | 1.82 | - | - | 3.53 |
| 1.- 3o. | 1.32 | 2.o2 | - | - | 3.46 |
| 1.- 4o. | 1.63 | 1.86 | - | - | 3.25 |
| 1.- 6o. | 1.98 | 1.85 | - | - | 2.69 |
| 1.-12o. | 1.82 | 1.84 | - | - | 1.84 |

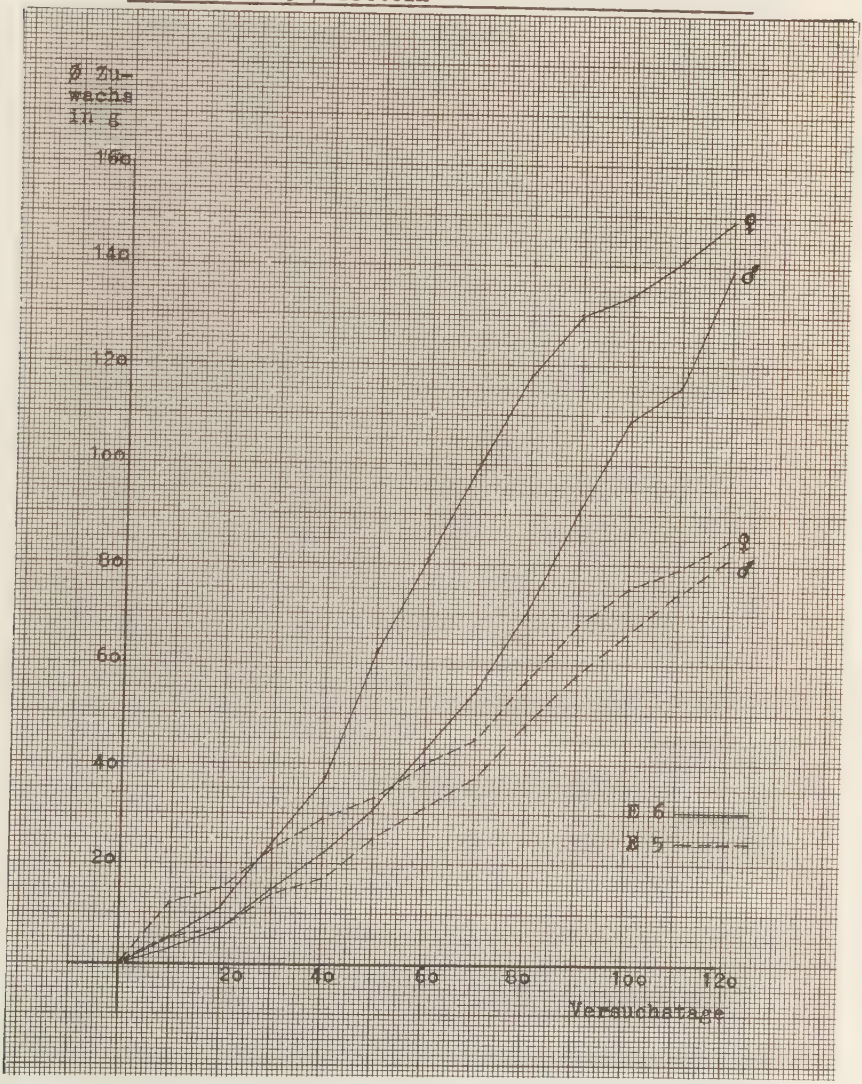
Darstellung 11

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit



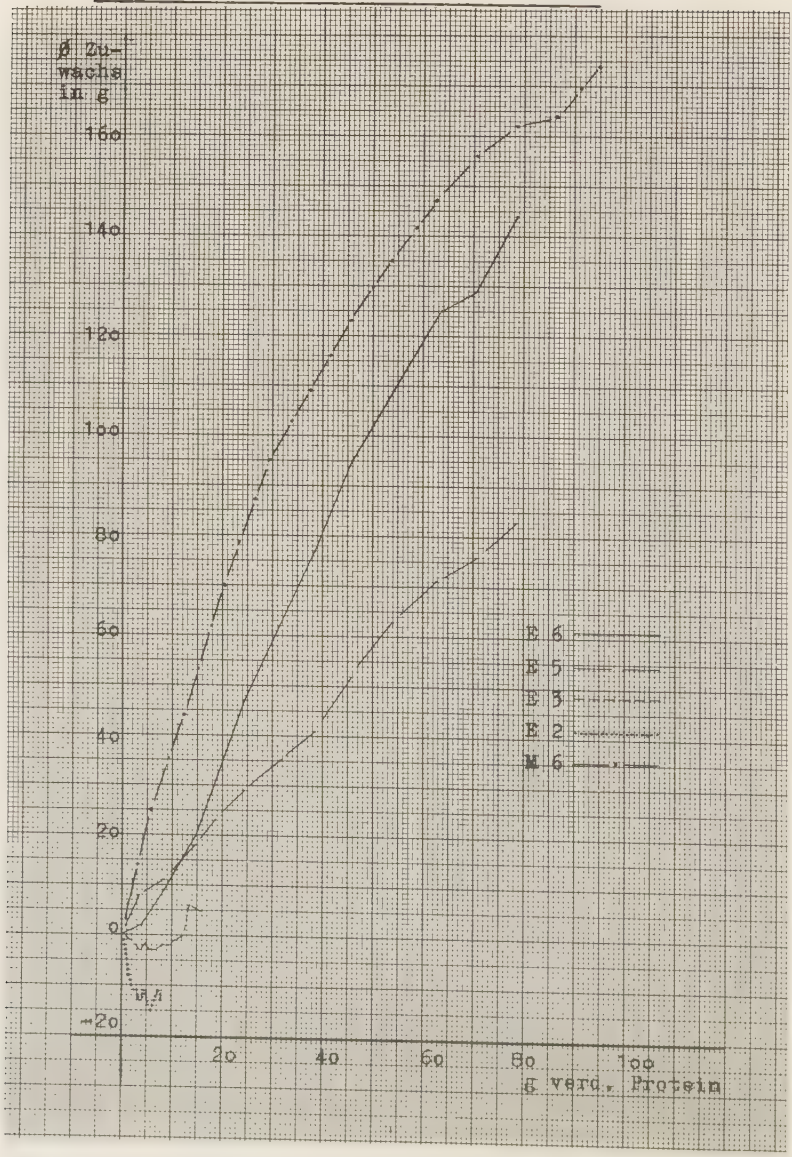
Darstellung 12

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit für männliche und weibliche Tiere der Diäten mit 6.6 und 5 % Protein



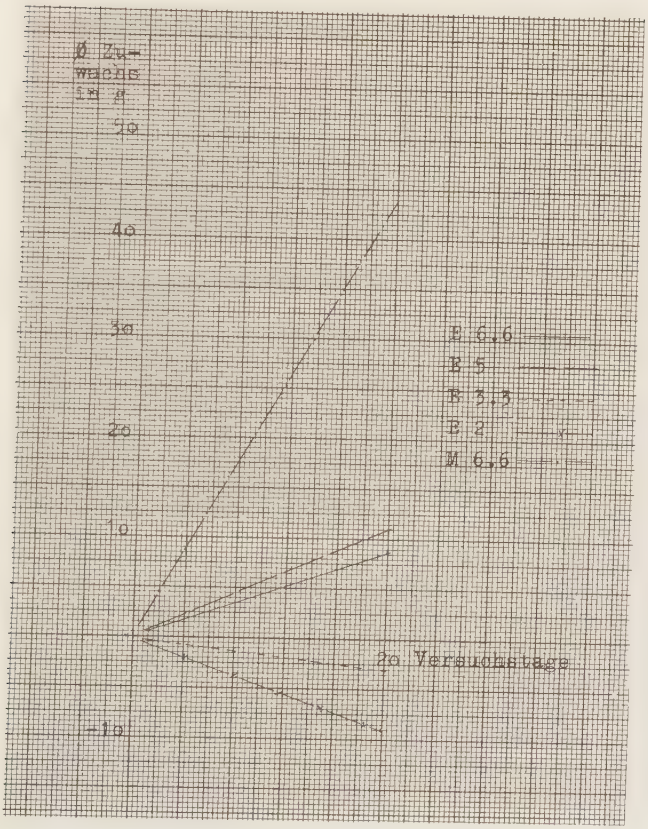
Darstellung 13

Wachstumsintensität in Abhängigkeit vom aufgenommenen verd. Protein



Darstellung 14

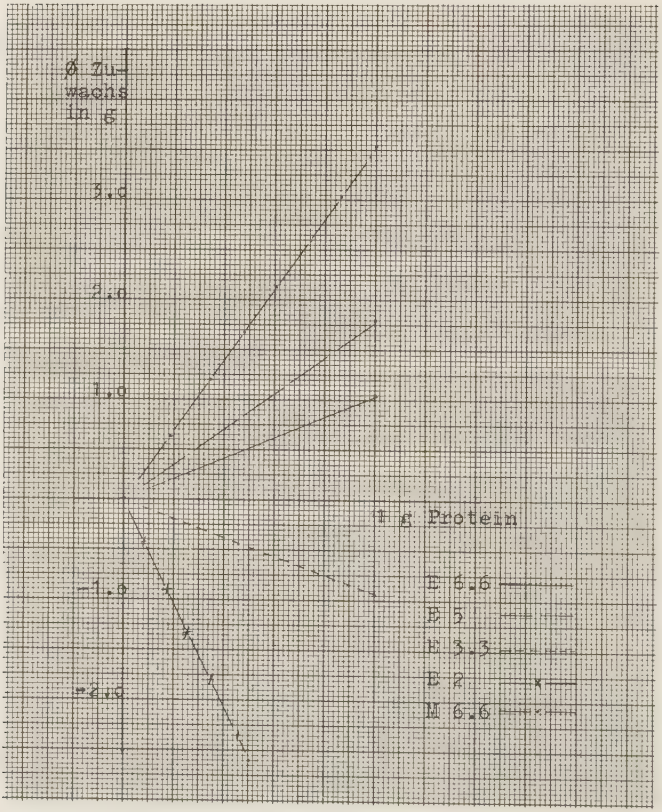
Steigung der Zuwachs-Zeit-Kurven aus Darstellung 11 (nach 2o Tagen)




| | | |
|---|---|---|
| M 6.6 | $65^{o}40'$ | Die Winkelangaben wurden errechnet; |
| E 5 | $28^{o}5o'$ | in der Darstellung wurde der Maß- |
| E 6.6 | $24^{o}1o'$ | stab 1:2.5 gewählt |
| E 3.3 | $-\ 8^{o}3o'$ | |
| E 2 | $-24^{o}1o'$ | |

Darstellung 15

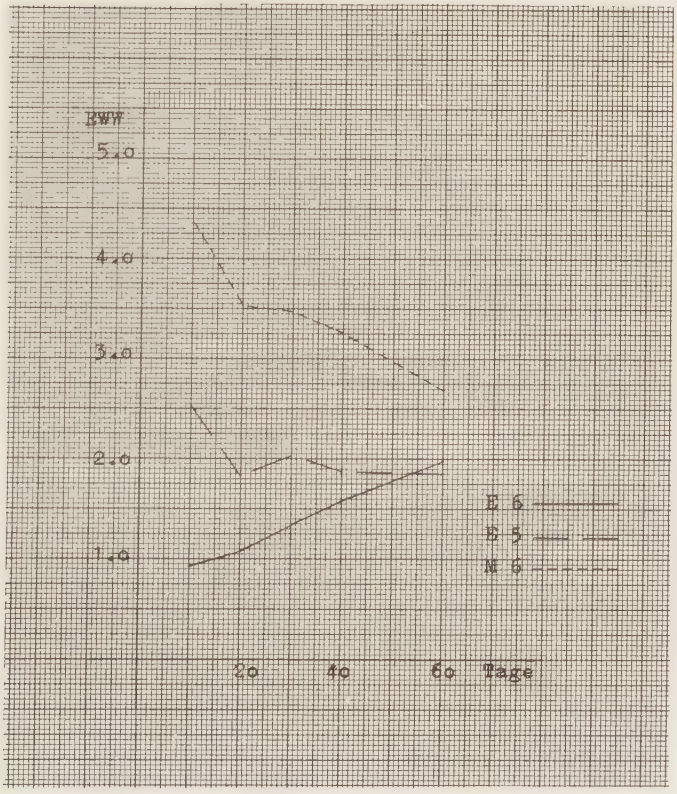
Steigung der Zuwachs-Protein-Kurven aus Darstellung 13 (nach 2o Tagen)




| | | |
|---|---|---|
| M 6.6 | $74^{o}1o'$ | Die Winkelangaben wurden errechnet; |
| E 5 | $61^{o}1o'$ | in der Darstellung wurde der Maß- |
| E 6.6 | $47^{o}$ | stab 1:2.5 gewählt |
| E 3.3 | $-43^{o}1o'$ | |
| E 2 | $-79^{o}2o'$ | |

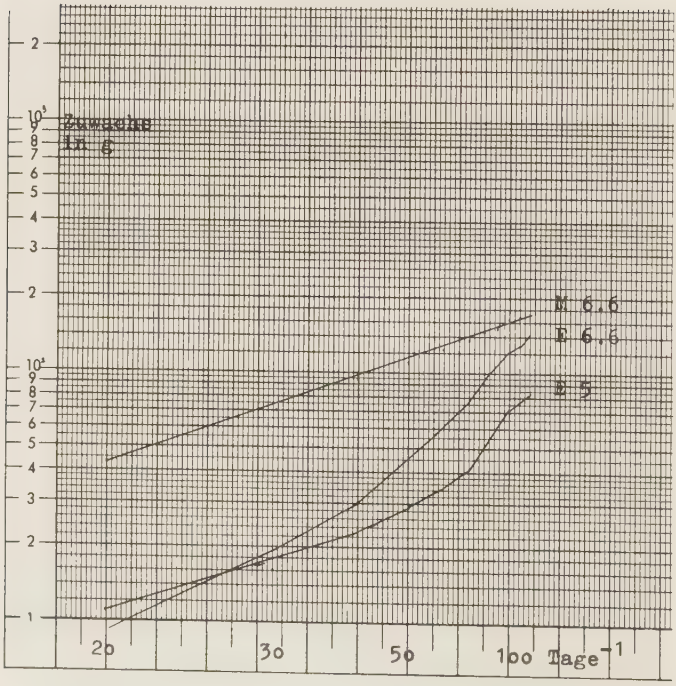
Darstellung 16

Eiweißwirkungswerte in Abhängigkeit von der Zeit



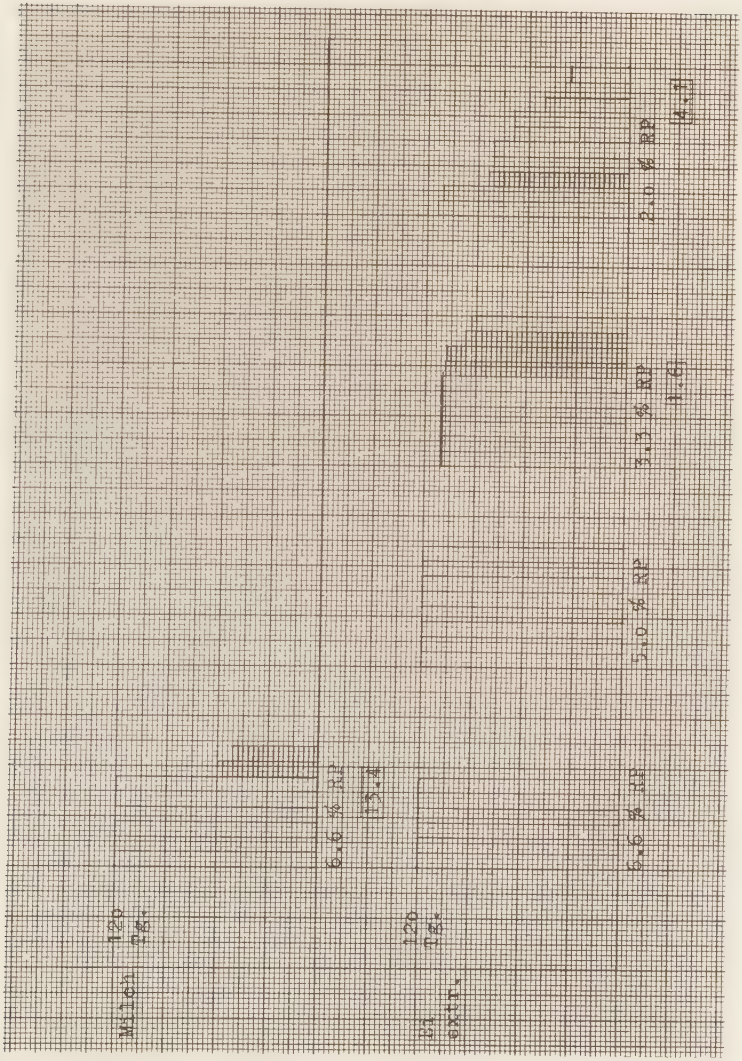
Darstellung 17

Zuwachs in Abhängigkeit von der Zeit



Darstellung 18

Übersicht über die Versuchsergebnisse und
Darstellung der Nekrogenitätsquotienten□



4. Ergebnisse des Versuches.

Das sich aus diesem Versuch ergebende Bild stimmt nicht völlig mit dem der ersten Untersuchung überein: für die Magermilch ergibt sich hier - abgesehen von der Nekroseschwelle - eine bessere biologische Qualität als für das entfettete Ei.

Bei Betrachtung der Zuwachskurve, Darstellung 11, fällt zunächst das geringe Wachstum der Tiere der Ei-Diäten im Vergleich zu denen der Frischmilch-Reihe auf. Während im ersten Versuch die Tiere der Ve 6.6 und M 1o-Diät gleich gutes Wachstum zeigten, liegt im vorliegenden Fall die E 6.6-Kurve sogar weit unterhalb der 6.6 %igen Magermilch-Kurve. Zwischen den Wachstumskurven der E 6.6- und E 5-Diät treten wohl sichtbare Unterschiede auf, wie auch im ersten Versuch, jedoch zeigen die Tiere bei weitem nicht den Zuwachs wie im vorherigen Test, und zu Versuchsbeginn ist hier sogar ein anomaler Kurvenanstieg festzustellen.- Die Zuwachskurve der 3.3 %igen Ei-Diät läuft nahezu parallel der x-Achse, d.h. daß für die Tiere dieser Reihe das angebotene Eiweiß fast zur Erhaltung auf keinen Fall aber für ein Wachstum ausreicht, während sich die 2 %ige Ei-Diät als insuffizient für die jungen Ratten erweist.

Die aus den Wachstumsintensitätskurven ablesbaren Befunde werden durch die Darstellung 13 weiter gestützt: hier ergibt sich für die 6.6 %ige Magermilch-Diät beste Proteinausnutzung, wohingegen die E 6.6- und E 5-Kurven weniger steil verlaufen und im ersten Versuchsabschnitt für die 5 %ige Diät sogar bessere Eiweißwirkungswerte als für die 6.6 %ige Diät bestimmt werden (siehe auch Darstellung 15). - Für die 3.3 und 2 %igen Ei-Diäten gilt das oben bereits Gesagte.

Die Darstellungen 14 und 15 geben die Steigungen der Kurven aus den Darstellungen 11 und 13 jeweils nach 2o Versuchstagen wieder und veranschaulichen an Hand der unterschiedlichen Steigungswinkel die zwischen den einzelnen Kurven beobachteten Differenzen.

Auch die Eiweißwirkungswerte, Tabelle 33, weisen wiederum für die Magermilch eine Überlegenheit gegenüber den entfetteten Eiern auf. - Die Ursachen für die in diesem Versuch auftretende mindere biologische Qualität der Ei-Diäten dürfte in einer Blockierung oder Denaturierung der Proteinkomponente der Eier infolge der schärferen Extraktionsbedingungen zu suchen sein, für die verschiedene Befunde sprechen:
Zunächst liegt die tägliche Futteraufnahme der Tiere im Gegensatz zur Versuchsanordnung I relativ niedrig, der Appetit der Versuchstiere ist aber bereits als ein Indikator für die Güte eines Nahrungsmittels anzusehen. Weiter zeigen die Wachstumskurven der empfindlichen männlichen Tiere für die E 6.6- und E 5-Diäten einen erheblichen Wachstumsabfall, Darstellung 12, sie verlaufen unterhalb der Weibchen-Kurven, die sie selbst nach 12o Tagen Versuchsdauer noch nicht erreicht haben. Ferner ergibt sich aus der Darstellung 16 für die Magermilch-Diät trotz aufgetretener Lebernekrosen ein normaler Kurvenverlauf, während das für die Ei-Diäten nicht gilt. Auch die logarithmische Darstellung 17, die für ein intaktes Protein eine Gerade zeigen müßte, was für die Magermilch gerade noch gelten kann, keinesfalls aber für die E 5- und E 6.6-Kurven, läßt auf eine Abwertung der entfetteten Eier schließen.

Die Bewertung der untersuchten Nahrungsproteine kann jedoch nicht ohne Berücksichtigung der Nekroseschwelle erfolgen. Aus Darstellung 18 ergibt sich, daß bei den

Ei-Diäten Ausfälle infolge Lebernekrose auftraten und zwar bei einer Diätproteinkonzentration von 3.3 %. In diesem Punkte zeigte sich das entfettete Ei auch in diesem Versuch der frischen Magermilch überlegen, bei der ja bereits bei 6.6 % Protein in der Diät alimentäre Leberschäden auftreten.

III. Orientierender Aufzuchtversuch mit älteren Ratten.

Aus den Versuchen mit Ei-Diäten ergab sich für die Tiere der Versuchsreihen, die 3.3 % entfettetes Ei-Protein im Futter erhalten hatten, nach 11o tägiger Versuchsdauer kein Wachstum. Bereits in früheren Versuchen des Institutes, in denen Algen-Diäten (frische Algen) mit 1o % Diätprotein verfüttert worden waren, hatten die Versuchstiere kein Wachstum gezeigt; eine anschließende Verfütterung einer aus getrockneten Algen bereiteten Diät bewirkte dann ein verspätetes, gleichgutes Wachstum der Ratten (111). Es lag nun die Frage nahe, wie sich die Tiere unserer Versuchsreihe, die nur minimale Mengen Eiweiß angeboten bekommen hatten, bei Verfütterung hochwertiger Kostformen verhalten würden und ob durch nekrogene Diäten auch bei diesen Ratten noch Lebernekrosen hervorzurufen seien.

Durchführung und Ergebnis.

Die zur Verfügung stehenden 6 Versuchstiere, 3 Männchen und 3 Weibchen, wurden möglichst gleichmäßig nach Gewicht, Geschlecht und äußerem Habitus auf im Institut untersuchte frische Magermilch- und Magermilchpulver-Diäten verteilt. In den ersten Tagen des Versuches wurde die Höhe des verabreichten Futters beschränkt,

um die Tiere langsam an das hohe Proteinangebot zu gewöhnen. Die Zusammensetzung der Magermilch, des Magermilchpulvers sowie des verabreichten Futters findet sich in den Tabellen 34 und 35. Die übrigen Versuchsdaten ergeben sich aus Tabelle 36 und Darstellung 19.

Tabelle 34

Zusammensetzung der frischen Magermilch und des Magermilchpulvers in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | frische Magermilch | Magermilch-pulver |
|---|---|---|
| Rohprotein | 37.32 | 37.9o |
| Rohfett | o.22 | o.54 |
| Asche | 6.65 | 5.91 |
| N-freie Extraktst. | 55.81 | 55.65 |

Tabelle 35

Prozentuale Zusammensetzung der Diäten, i.d.Trs.

| Bestandteile | Milch N NStV 1:1o | Walzen N NStV 1:1o |
|---|---|---|
| fr.Magermilch | 25.7 | - |
| Milchpulver | - | 25.2 |
| Lebertran | 2.8 | 2.9 |
| Salzgemisch | 3.4 | 3.5 |
| Zellulose | 2.o | 2.o |
| Weizenstärke | 66.1 | 66.4 |

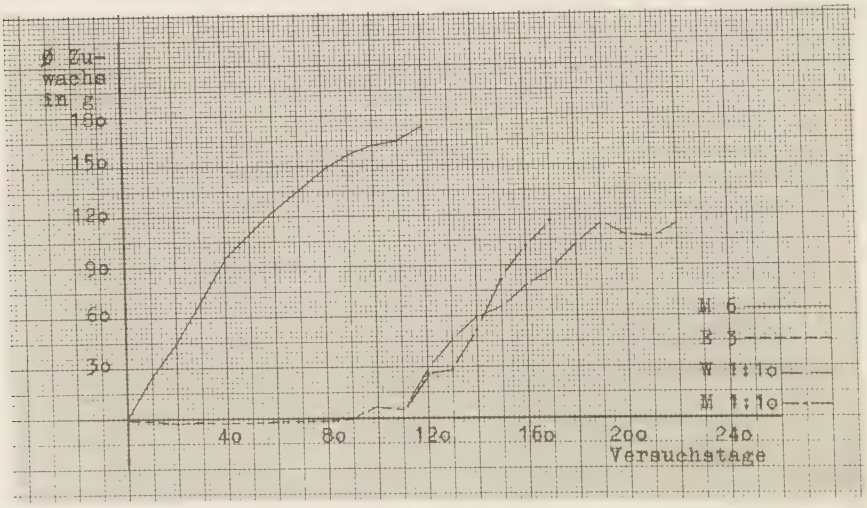
Tabelle 36

Durchschnittlicher Zuwachs in g
Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tage | Zuwachs | | Futteraufnahme | |
|---|---|---|---|---|
| | MN 1:1o | WN 1:1o | MN 1:1o | WN 1:1o |
| 1o | 27 | 28 | 8 | 7 |
| 2o | 29 | 45 | 6 | 8 |
| 3o | 52 | 59 | 8 | 9 |
| 4o | 82 | 65 | 8 | 9 |
| 5o | 1o1 | 78 | 1o | 9 |
| 6o | 117 | 87 | 1o | 1o |
| 7o | - | 1o2 | - | 1o |
| 8o | - | 114 | - | 11 |
| 9o | - | 1o9 | - | 11 |
| 1oo | - | 1o8 | - | 1o |
| 11o | - | 115 | - | 1o |

Darstellung 19

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit



Von den 3 Ratten der Frischmilchreihe gingen bereits 2 Tiere nach 3, bezw. 4 Tagen an alimentärer Lebernekrose ein, das 3. Tier nach 6o Versuchstagen, während alle Ratten der Magermilchpulver-Diät den 11o-tägigen Versuch überlebten.

Die geringe Tierzahl gestattet auch im Hinblick auf die dubiosen Befunde kein Urteil über die Qualität der verfütterten Proteine. Die gleich nach Versuchsbeginn aufgetretenen Nekrosen könnten als Mangelhaftigkeit sowohl der Frischmilch- als auch der vorgefütterten 3.3 %igen entfetteten Ei-Diät ausgelegt werden. Trotz größter Sorgfalt bei der Auswahl der Tiere sind vielleicht gerade die anfälligsten Ratten auf die Frischmilch-Diät verteilt worden, während die "gesunderen" Tiere der Magermilchpulver-Diät die weitere Versuchsdauer ohne Ausfälle überlebten, was im Gegensatz zu allen sonstigen Befunden steht.

## IV. Zusammenfassende Diskussion der Ei-Versuche.

Die mit den strengen Testmethoden des Institutes durchgeführten Untersuchungen an Hühnereiern erwiesen die von anderer Seite (112) angeführte hohe biologische Wertigkeit des Ei-Proteins. Für die frische Magermilch konnten die Befunde des Institutes auch hinsichtlich der Nekroseschwelle bei 6.6 % Diätprotein bestätigt werden. - In der Darstellung 2o sind die Ergebnisse der Ei-Versuche unter Berücksichtigung der Ausfälle infolge alimentärer Leberschäden zusammengestellt.

Sowohl das Vollei wie auch das entfettete Produkt zeigten über einen weit gestaffelten Konzentrationsbereich von 5 - 2o % Diätprotein bestes, die Milch übertreffendes Wachstum, wobei sich für die Differenzen zwischen den Wachstumskurven der Vollei- und entfetteten Ei-Diäten kein signifikanter Unterschied zeigen ließ. Die schlechteren Wachstumswerte, die sich für die entfetteten Eier besonders im 2. Versuch ergaben, dürften auf eine Überbeanspruchung der Eier bei der Aufarbeitung zurückzuführen sein.

Für die 6.6 %ige Vollei-Diät bestimmten sich die höchsten Eiweißwirkungswerte aller Versuchsreihen, die auch über den entsprechenden Werten der frischen Magermilch-Diäten liegen.

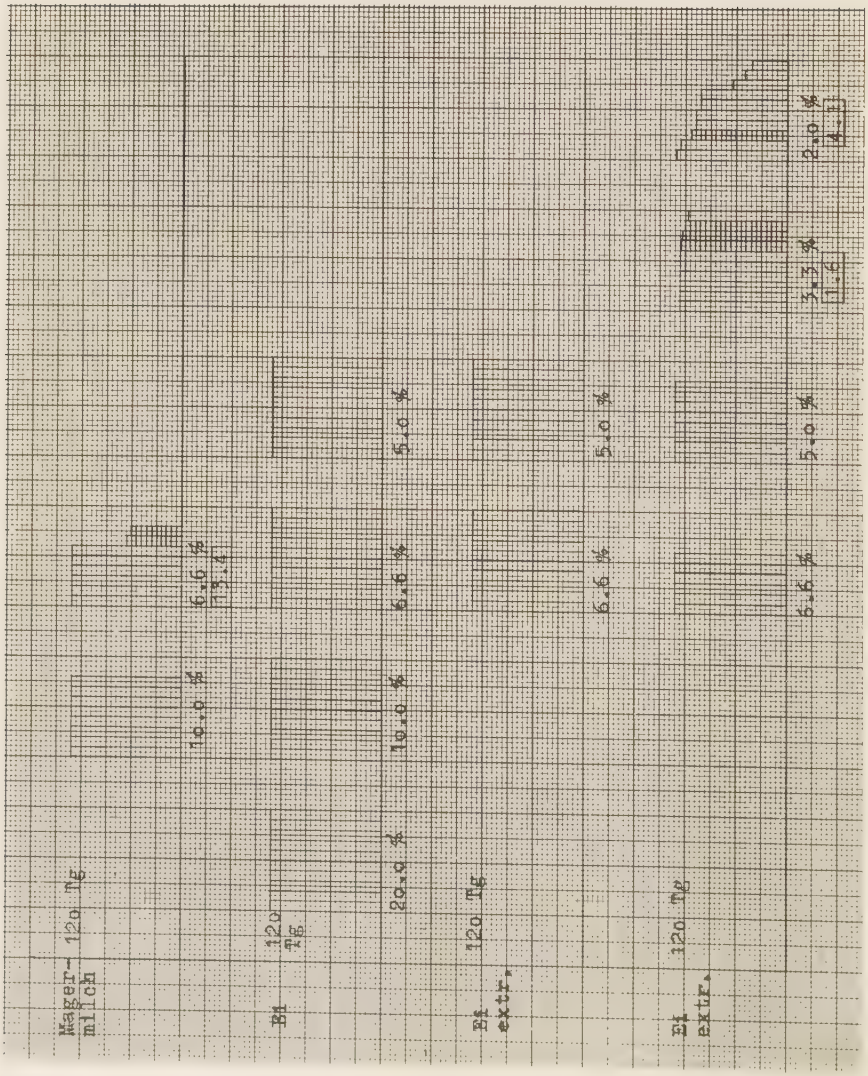
Ausfälle durch alimentäre Leberschäden, die bei den bisher im Institut untersuchten Proteinen für die hochwertigsten Eiweißträger bei 6.6 % Diätprotein auftraten, sind beim Ei erst bei der 3.3 %igen entfetteten Diät zu beobachten.

Da die Gehalte der für die Ratte essentiellen Aminosäuren im Milch- und Ei-Protein im wesentlichen von gleicher Größenordnung sind (113), ist als Ursache für die außergewöhnlich niedrige Diätproteinkonzentration der Nekroseschwelle neben einer für das Rattenwachstum als nahezu ideal anzusehenden Aminosäure-Zusammensetzung des Eies der hohe Cystin- und Methionin-Gehalt des Ei-Proteins anzuführen. Beiden Aminosäuren kommt eine große Bedeutung als essentieller Proteinbaustein zu, daneben kann für Cystin eine Leberschutzwirkung diskutiert werden, während Methionin eiweißsparende Eigenschaften besitzt (1oo). Diese Kriterien, die sie vor allen anderen essentiellen Aminosäuren auszeichnen, dürften in diesem Ei-Versuch besonders zur Auswirkung gekommen sein.

Die von FINK (82) geäußerte Ansicht, daß auch für hochwertigste Eiweißkörper eine Nekroseschwelle existiert, konnte durch die hier durchgeführten Versuche eine weitere Bestätigung erfahren.

Darstellung 2o

Übersicht über die Ei-Versuche und
Darstellung der Nekrogenitätsquotienten



## T e i l B.

### Qualitätsbestimmung von Proteinen durch Fütterungsversuche mit Albino-Mäusen.

Bei der Untersuchung von Nahrungsproteinen war bisher im Institut als Versuchstier nur die Albino-Ratte benutzt worden. Zur weiteren Absicherung der erhaltenen Befunde erschien es wünschenswert, andere Tiere ebenfalls für die Qualitätsbestimmung der in Frage kommenden Eiweißkörper nach der Mc Collum'schen Methodik einzusetzen. Eine Bestätigung der bereits mit Ratten erhaltenen Versuchsergebnisse würde mit größerem Recht eine Auswertung der Befunde für die menschliche Ernährung gestatten. - Als weiteres Versuchstier mit relativ omnivorer Lebensweise wurde die Albino-Maus ausgewählt.

Zunächst sollte untersucht werden, ob durch Verfütterung "nekrogener" Diätformen, speziell im Hinblick auf die Arbeiten über den Milchtrocknungsschaden, bei der Maus alimentäre Leberschädigungen nachzuweisen waren, und ob sich auch für die hochwertigen Eiweißträger wie die einzellige Grünalge Scenedesmus obliquus und den Steinpilz eine hohe biologische Wertigkeit bestimmen ließ. Aus Vorversuchen mit Champignondiäten hatte sich bei der Maus eine erheblich größere Empfindlichkeit als bei der Ratte dem Champignon gegenüber ergeben, so daß in weiteren Untersuchungen versucht wurde, Aufklärung über die beobachtete "Giftwirkung" des Pilzes zu erlangen.

## I. Alimentäre Leberschäden der Maus nach Verfütterung nekrose-auslösender Diäten.

Bei Protein-Wertigkeitsbestimmungen wird dem Auftreten alimentärer Leberschäden für die Beurteilung der Eiweißqualität große Bedeutung beigemessen. So steht auch im Vordergrund dieser Untersuchungen mit Mäusen der Versuch, mit nekrose-auslösenden Diätformen Leberschäden bei Albino-Mäusen hervorzurufen. Da die Aufklärung des Milchtrocknungsschadens (47) als eine zentrale Problemstellung im Rahmen der Institutsarbeiten gilt, wurden zunächst Versuche mit frischer und getrockneter Magermilch durchgeführt. Es sollte bei dem üblichen Nährstoffverhältnis 1:1o das Wachstum der Mäuse nach Verabreichung der verschiedenen Milchdiäten studiert werden. In einer weiteren Versuchsanordnung wurde dann zu einer Konzentrationsstaffelung des Proteingehaltes übergegangen. Daneben kam eine Futterhefe, die in Rattenversuchen zu 1oo%igen Ausfällen infolge Leberschäden geführt hatte, praktisch als "nekrogene" Vergleichsdiät, zur Verfütterung.

### 1. Aufzucht 3o Tage alter Mäuse mit Frischmilch- und Magermilchpulver-Diäten.

An die jungen Mäuse wurden Diäten mit bereits im Rattenversuch ausgetesteten Proteinträgern verfüttert. Das verwendete Magermilchpulver hatte sich als stark nekrogen erwiesen (Nekrogenitätsquotient 56), während die frische Magermilch, die für die Vergleichsdiät benutzt wurde, über Jahre hin bei dem verwendeten Nährstoffverhältnis 1:1o zu keinen Ausfällen der Versuchstiere geführt hatte.

Die Mäuse wurden in Analogie zu den Rattenversuchen vier Wochen alt und entwöhnt für die Versuche benutzt. Aus den selbstgezogenen Würfen waren nach Einsatz der Versuchstiere noch weitere 4 Mäuse übrig geblieben, die etwas schwächlicher als die anderen Tiere waren und normalerweise nicht für Versuche benutzt worden wären. Orientierungshalber wurden sie mit einer Hefediät gefüttert, um einen Eindruck über das Verhalten der Mäuse gegenüber dieser für die Ratten so insuffizienten Diätform zu erhalten.

a) Herkunft und Analyse der Proteinträger.

Bei dem verwendeten Magermilchpulver handelte es sich um eine nach dem Walzen-Trocknungsverfahren, das im Gegensatz zur Sprühtrocknung eine erheblich stärkere Belastung für das Milchprotein darstellt, aufgearbeitete Magermilch eines süddeutschen Milchhofes. Die frische Magermilch stammte aus dem Kölner Milchhof. Ferner wurde eine Futterhefe der Zellstoff-Fabriken Waldhof, Mannheim, benutzt. Die analytische Zusammensetzung der verwendeten Proteine ergibt sich aus der folgenden Tabelle 37.

Tabelle 37

Zusammensetzung der Nahrungsproteine in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Magermilch | Milchpulver | Hefe |
|---|---|---|---|
| Rohprotein | 36.24 | 35.3o | 56.54 |
| Rohfett | o.23 | o.54 | 5.9o |
| Asche | 8.49 | 6.61 | 8.24 |
| N-freie Extr.st. | 55.o4 | 57.55 | 29.32 |

b) Berechnung und Zusammensetzung der Diäten.

Da bei den Versuchen mit Mäusen auf weitgehende Vergleichbarkeit mit den Rattenversuchen geachtet werden sollte, mußte auch bei der Bereitung der Diäten die bei den Ratten angewandte Methodik zur Anwendung kommen. Die Diäten wurden deshalb auf das Nährstoffverhältnis berechnet.

Das zu untersuchende Protein stellte 92 % des Diäteiweißes, da das durch die Bierhefe, die zur Versorgung mit den nötigen B-Vitaminen den Diäten zugelegt wurde, eingebrachte Protein berücksichtigt werden mußte. Die analytische Zusammensetzung der Bierhefe ergibt sich aus Tabelle 38.

Tabelle 38

Zusammensetzung der Bierhefen in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Bierhefe I | Bierhefe II | Verdaulichkeit |
|---|---|---|---|
| Rohprotein | 56.38 | 57.3o | 92 % |
| Rohfett | 1.3o | 1.28 | 62 % |
| Asche | 8.o2 | 8.8o | - |
| N-freie Extraktstoffe | 34.3o | 32.62 | 95 % |

Lebertran, der gleichzeitig für die notwendigen A- und D-Vitamine sorgt, stellt das fehlende Fett. Als Salzgemisch wurde die von MC COLLUM (86) angegebene Mischung benutzt, Tabelle 39. Kohlenhydrate wurden in Form von Weizenstärke zugelegt.

Tabelle 39

Salzgemisch nach MC COLLUM - SIMMONDS (86)

| | |
|---|---|
| NaCl | o.173 g |
| $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ | o.347 g |
| $K_2HPO_4$ | o.954 g |
| $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ | o.54o g |
| Calciumlactat . 5 $H_2O$ | 1.3oo g |
| $MgSO_4$, wasserfrei | o.266 g |

Die Magermilch und das Magermilchpulver werden als 1oo % verdaulich betrachtet. Bei der Hefe wurde mit einer Verdaulichkeit von 92 % für das Protein, 62 % für das Fett und 95 % für die Kohlenhydrate gerechnet. Näheres darüber im nächsten Versuch.

Die Berechnung einer auf das Nährstoffverhältnis eingestellten Diät sei für die Magermilch-Diät Nährstoffverhältnis (NStV) 1:1o angegeben, so daß gleichzeitig ein Vergleich mit der neueren Berechnungsweise, siehe Seite 4o, möglich ist.

a) Forderungen an die fertige Diät, die auf eine Futtermenge von ca. 14oo g Trs. berechnet wurde.

| | |
|---|---|
| Rohprotein | 14o.o g |
| Rohfett | 42.8 g |
| Mineralsalze | 75.o g |
| Weizenstärke aufgefüllt auf nach Einrechnung der durch Fett und Protein eingebrachten kalorischen Stärkeäquivalente | 14oo.o g |

b) Inhaltsstoffe (verd.) der Magermilch und Bierhefe

| in 1oo g Milch | | in 1oo g Bierhefe | |
|---|---|---|---|
| RP | 3.2o g | RP | 48.o g |
| RF | o.o2 g | RF | o.74 g |
| Asche | o.75 g | Asche | 7.42 g |
| KH | 4.61 g$^x$ | KH | 3o.17 g |
| Wasser | 91.17 g | Wasser | 7.42 g |

x = 4.86 g Milchzucker entsprechen 4.61 g KH

c) Berechnung der erforderlichen Mengen Magermilch, Bierhefe, Salzgemisch und Fett für 14oo g Futter

| | | | |
|---|---|---|---|
| Protein: | 128.8 g | in | 4o25.oo g Milch |
| | + 11.2 g | in | 23.3o g Bierhefe |
| | 14o.o g | | |
| Fett: | o.81 g | (Milch) | |
| | + o.17 g | (Bierh.) | |
| | o.98 g | | |
| | 42.8o g | | |
| | - o.98 g | | |
| | 41.82 g | | 41.82 g Fett |
| Asche: | 3o.2o g | (Milch) | |
| | + 1.73 g | (Bierh.) | |
| | 31.93 g | | |
| | 75.oo g | | |
| | - 31.93 g | | |
| | 43.o7 g | | 43.o7 g Salzgemisch |

d) Bestimmung der Stärke ad 14oo, nach Einrechnung der kalorischen Stärkeäquivalente für Fett und Protein

14o.o x o.94 = 131.6
42.8 x 2.41 = 1o3.1
+192.54 (KH aus Milch und Bierhefe)
427.24

14oo.oo
- 427.24
972.76 — 972.76 g Stärke i.Trs.

e) Bereitung der Diät aus:

4o25.o g Magermilch
23.3 g Bierhefe
44.o g Lebertran
43.1 g Salzgemisch McCOllum
972.8 g Weizenstärke (wasserfrei)

f) Zusammensetzung der Magermilchdiät 1:1o in %, i.d.Trs.

| | |
|---|---|
| Magermilch | 24.89 |
| Bierhefe | 1.51 |
| Lebertran | 2.93 |
| Salzgemisch (Mc Collum) | 2.56 |
| Weizenstärke | 68.11 |

g) Komponenten der Magermilch-Diät 1:1o in %, i.d.Trs.

| | |
|---|---|
| Rohprotein | 9.8 |
| Rohfett | 3.o |
| Mineralsalze | 5.2 |
| N-freie Extraktstoffe | 82.o |

Die Zusammensetzung der bei diesem Versuch verfütterten Diäten geht aus den folgenden Tabellen 4o und 41 hervor. Der Hefediät wurde noch 2 % sekundäres Calziumphosphat zugelegt, um eine annähernd gleiche Zusammensetzung von Hefe- und Milchasche zu erreichen, da die Milch im Vergleich zur Hefe relativ hohe Calziumgehalte aufweist.

Tabelle 4o

Komponenten (verd.) der Diäten in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Magermilch 1:1o | Milchpulver 1:1o | Hefe 1:1o |
|---|---|---|---|
| Rohprotein | 9.8 | 9.8 | 9.6 |
| Rohfett | 3.o | 3.o | 3.9 |
| Mineralsalze | 5.2 | 5.2 | 7.2 |
| N-freie Extraktstoffe | 82.o | 82.o | 79.3 |

Tabelle 41

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestandteile | Magermilch 1:1o | Milchpulver 1:1o | Hefe 1:1o |
|---|---|---|---|
| fr. Magermilch | 24.89 | - | - |
| Magermilchpulver | - | 25.56 | - |
| Futterhefe | - | - | 16.87 |
| Bierhefe | 1.51 | 1.51 | 1.47 |
| Lebertran | 2.93 | 2.85 | 2.28 |
| Salzgemisch | 2.56 | 2.92 | 2.o6 |
| Weizenstärke | 68.11 | 67.16 | 74.18 |
| $CaHPO_4$ | - | - | 2.14 |

c) Durchführung und Ergebnis.

Auf die Versuchsdiäten mit den Proteinträgern frische Magermilch NStV 1:1o (Magermilch 1:1o) und Walzenmagermilchpulver NStV 1:1o (Milchpulver 1:1o) wurden nun jeweils 8 junge Mäuse, Geschwistertiere, vier Wochen alt, 1o - 11 g schwer verteilt. Es kamen auf jede Diät 6 Männchen und 2 Weibchen. Auf die Futterhefe-Diät NStV 1:1o (Hefe 1:1o), die ja nur als orientierender Versuch mitgeführt wurde, entfielen 2 Männchen und 2 Weibchen. Der Versuch lief über 9o Tage.

Es wurde die tägliche Futteraufnahme der Versuchtiere bestimmt und der Gewichtszuwachs in der ersten Zeit jeden 2. Tag, später jeden 3. und 4. Tag, bezw. jeden 7. Tag festgehalten. Die Versuchsdaten findem sich in den Tabellen 42 und 43; eine graphische Auswertung gibt die Darstellung 21 wieder.

Weitere Berechnungen wurden für diesen Versuch nicht angestellt, denn aus der Darstellung 21 ist ersichtlich, daß sämtliche Tiere die Versuchsdauer ohne ein Auftreten von alimentärer Lebernekrose überlebten. Auch die Lebern der nach Versuchsende getöteten Tiere, die zur pathologischen Untersuchung fortgegeben worden waren, kamen mit negativen Befunden zurück. Selbst die als "Standard"-Protein zur Erzeugung von Leberschäden allgemein benutzte Hefe ergab für die Tiere nach anfänglicher Gewichtsabnahme ein einigermaßen gutes Wachstum. In den Zuwachskurven erscheint wohl eine Differenz zwischen Frischmilch-, Milchpulver- und Hefe-Diäten, die in der unterschiedlichen Qualität der einzelnen Proteine begründet sein muß, da die Futteraufnahme speziell für die Milch-Diäten gleich hoch liegt. Es ist also anzunehmen, daß die Maus nicht

völlig ungeeignet für unsere Versuchsmethodik sein wird. Als Ursache für die geringe Sensibilität der Versuchstiere dürfte ein zu hohes Einsatzalter der Tiere in Frage kommen, zumal auch von anderer Seite (24, 25) die Mäuse jünger in den Versuch genommen werden. Die für den hier durchgeführten Test praktisch entgangene besonders empfindliche erste Wachstumsperiode der entwöhnten Tiere dürfte somit für den Ausgang des Versuches verantwortlich sein.

Tabelle 42

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tage | Magermilch 1:1o | Milchpulver 1:1o | Hefe 1:1o |
|---|---|---|---|
| 1.-1o. | 3.1 | 3.4 | 2.3 |
| 11.-2o. | 4.o | 3.9 | 3.3 |
| 21.-3o. | 3.6 | 3.8 | 3.1 |
| 31.-4o. | 3.5 | 3.8 | 3.2 |
| 41.-5o. | 3.3 | 3.6 | 3.3 |
| 51.-6o. | 3.5 | 3.8 | 3.3 |
| 61.-7o. | 3.6 | 3.5 | 3.5 |
| 71.-8o. | 3.7 | 3.6 | 3.4 |
| 81.-9o. | 3.7 | 3.6 | 3.2 |
| ø | 3.6 | 3.7 | 3.2 |

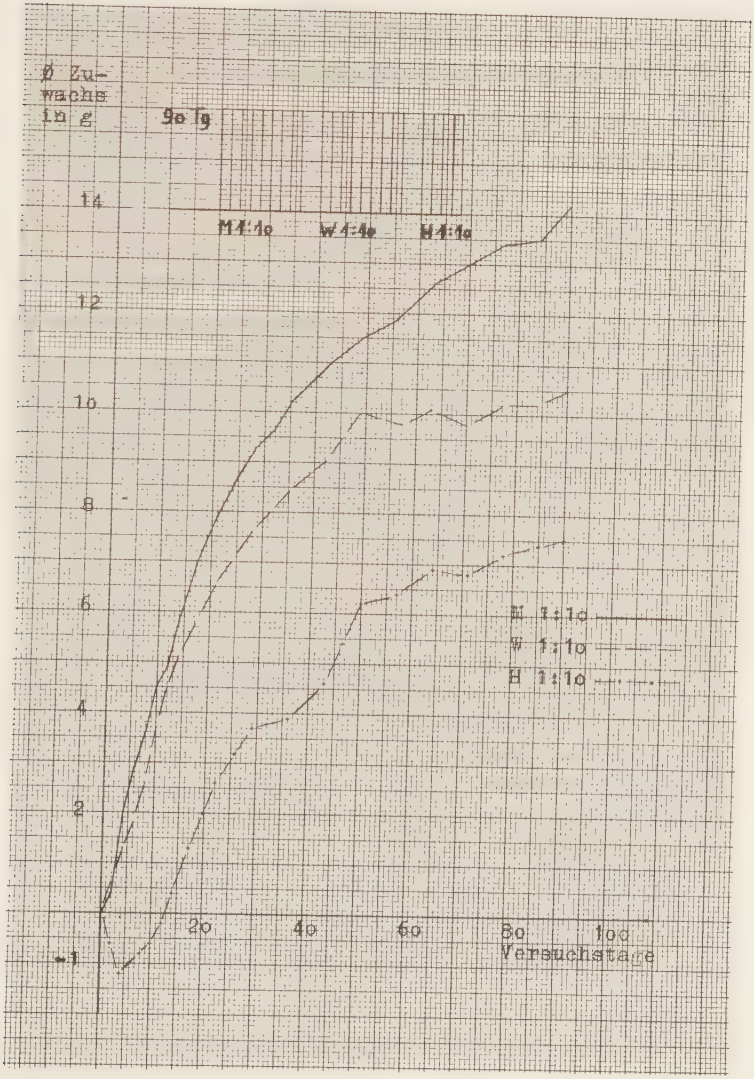
Tabelle 43

Durchschnittlicher Zuwachs in g

| nach Tagen | Magermilch 1:1o | Milchpulver 1:1o | Hefe 1:1o |
|---|---|---|---|
| 2 | o.2 | o.6 | - |
| 4 | 2.o | 1.3 | -1.1 |
| 6 | 2.9 | 1.8 | -1.o |
| 8 | 3.6 | 2.6 | -o.9 |
| 1o | 4.5 | 3.7 | -o.6 |
| 12 | 4.9 | 4.5 | -o.2 |
| 14 | 5.8 | 5.1 | o.4 |
| 17/18 | 7.o | 5.6 | 1.2 |
| 21 | 7.9 | 6.5 | 2.6 |
| 23/25 | 8.6 | 7.o | 3.7 |
| 28 | 9.2 | 7.6 | 3.7 |
| 31/32 | 9.6 | 7.8 | 3.8 |
| 35 | 1o.2 | 8.4 | 3.9 |
| 38/39 | 1o.6 | 8.5 | 4.1 |
| 42 | 1o.9 | 9.o | 4.6 |
| 45/46 | 11.1 | 9.3 | 5.3 |
| 49 | 11.5 | 9.5 | 6.2 |
| 52/53 | 11.7 | 9.7 | 6.3 |
| 56 | 11.9 | 9.8 | 6.4 |
| 59/6o | 12.2 | 1o.2 | 6.4 |
| 63 | 12.6 | 1o.1 | 6.9 |
| 66/67 | 13.o | 1o.3 | 6.6 |
| 7o | 13.o | 9.8 | 6.8 |
| 73/74 | 13.2 | 1o.o | 7.4 |
| 77 | 13.4 | 1o.2 | 7.2 |
| 8o/81 | 13.5 | 1o.2 | 7.2 |
| 84 | 13.7 | 1o.2 | 7.1 |
| 87/88 | 13.7 | 1o,2 | 7.5 |
| 9o | 14.2 | 1o.5 | 7.5 |

Darstellung 21

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit
Übersicht über die Versuchsergebnisse



2. Aufzucht 2o Tage alter Mäuse mit Frischmilch-, Milchpulver- und Hefe-Diäten bei gestuftem Eiweißangebot.

Auf Grund der Ergebnisse des vorigen Testes und auch in Übereinstimmung mit Literaturangaben (24, 25) wurden jüngere Mäuse für die neuen Versuchsreihen verwendet. Da die Maus im Gegensatz zur Ratte eine kürzere und intensivere Wachstumsperiode durchmacht, können die Mäuse ohne weiteres im Alter von 3 Wochen als Versuchstiere benutzt werden. Eine Literaturstelle möge dazu noch angeführt sein: "..the young can safely be weaned at the age of 2o days. During the 3rd week, the thick and fleshly ears of the youngsters are rapidly transformed into the large and thin ears of the adult, so that by the end of the 3rd week the young mouse, apart from size and sexual differentiation resembles the adult in every respect." (114) ..die jungen Mäuse können gefahrlos mit 2o Tagen entwöhnt werden. Während der 3. Woche werden die dicken und fleischigen Ohren der Jungen rasch so groß und dünn wie die Ohren der ausgewachsenen Tiere, so daß die junge Maus am Ende der 3. Woche der erwachsenen - abgesehen von Größe und Geschlechtsmerkmalen - in jeder Hinsicht gleicht.

Da die Diätproteinkonzentration sowohl für die Ausnutzung des Eiweißes wie auch für das Auftreten von Leberschäden eine ausschlaggebende Rolle spielt, wurde bei dieser Versuchsanordnung neben der Auswahl von Proteinen, die mit Sicherheit bei den Ratten zu starken Nekroseerscheinungen geführt hatten, Walzen-Magermilchpulver (Nekrogenitätsquotient 56) und Futterhefe ( Nekrogenitätsquotient 8o (17) ), auch eine Konzentrationsstaffelung des Proteins in den Diäten vorgenommen. 1o % Diätprotein gilt als übliche und genügend empfindliche Konzentration bei Protein-Wertigkeitsbestimmungen

mit der Maus (23,24,25) und wurde auch hier für die Diäten beibehalten. Daneben kamen jedoch die Nahrungsproteine beim Nährstoffverhältnis 1:15, entsprechend einer Diätproteinkonzentration von etwa 6.6 %, zur Untersuchung, da die kritische Eiweißkonzentration dieser Proteinträger für die Maus von anderer Größenordnung sein kann als bei der Ratte. Der Eiweißbedarf pro kg Körpergewicht ist für die Maus höher als für die Ratte, so daß bei der niedrig gewählten Diätproteinkonzentration von 6.6 % mit ziemlicher Sicherheit mit dem Auftreten von alimentären Leberschäden gerechnet werden kann.

a) Analytische Angaben.

Die analytische Zusammensetzung der frischen Magermilch (Milchhof Köln) ergibt sich aus Tabelle 37. Als Magermilchpulver wurde wieder ein walzengetrocknetes Pulver eines süddeutschen Milchhofes benutzt, dessen analytische Daten ebenso wie die der Zellstoffablaugenhefe in der Tabelle 44 angegeben sind.

Tabelle 44

Zusammensetzung der Proteine in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Milchpulver | Hefe |
|---|---|---|
| Rohprotein | 36.02 | 58.75 |
| Rohfett | 0.54 | 5.92 |
| Asche | 6.63 | 7.43 |
| N-freie Extraktstoffe | 56.81 | 27.90 |

Es handelt sich bei den Proteinträgern um bereits ausgetestete Chargen, die bei den Ratten Lebernekrosen hervorgerufen hatten. - Die für diese Versuchsreihen benutzten Bierhefen sind in ihrer analytischen

Zusammensetzung bereits in Tabelle 38 aufgeführt. Die Verdaulichkeit wurde für die frische Magermilch und das Magermilchpulver mit 1oo % angenommen. Da die Literaturwerte für die Verdaulichkeit der Hefe teilweise recht unterschiedlich sind, wurde für die verwendete Hefe eine Verdaulichkeitsbestimmung durchgeführt. Für unsere Versuche gelangten jedoch die alten Verdaulichkeitswerte zur Anwendung, um eine Vergleichbarkeit unserer Versuchsreihen mit den an Ratten erhaltenen Befunden zu ermöglichen.

b) Bestimmung der Hefe-Verdaulichkeit.

Im einleitenden Teil der Arbeit wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Verdaulichkeitsbestimmung der einzelnen Nahrungsstoffe, im besonderen der Eiweißkörper, gewisse methodische Schwierigkeiten zeigt, so daß die erhaltenen Verdaulichkeitskoeffizienten je nach Art des Verfahrens von unterschiedlicher Größe sein können. Es ist deshalb zweckmäßig eine Bestimmung der Verdaulichkeit der zu untersuchenden Nahrungsproteine durchzuführen, die den speziellen Versuchsverhältnissen am ehesten Rechnung trägt.

Für die in unseren Versuchen benutzte Torula-Hefe lagen keine Angaben des Institutes vor, so daß mit Ratten - da ja unsere Versuche von der Ratte auf die Maus übertragen werden sollten - eine Verdaulichkeitsbestimmung der Hefe vorgenommen wurde.

Die Verdaulichkeitsbestimmung wurde mit je zwei männlichen und weiblichen ausgewachsenen Ratten durchgeführt. Sie erstreckte sich nach einer 7-tägigen Vorfütterungsperiode über 8 Tage, wobei die Daten für den 1. und 2., sowie 3. und 4. Versuchstag zusammengefaßt wurden. Die Hefe wurde mit Wasser angeteigt und verfüttert. Weitere Angaben über die Durchführung S. 29, die Daten der Verdaulichkeitsbestimmung in Tabellen 45 und 46.

Tabelle 45

"in-vivo"-Verdaulichkeit der Futterhefe mit 9.31 % N
(alle Angaben i.d.Trs.)

| Tage | Futter in g | g N im Futter | Kot in g | % N im Kot | g N im Kot | ausgn. Trs. in % | ausgn. N in % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tier 1 | | | | | | | |
| 1.2. | 17.17 | 1.6o | 3.22 | 8.68 | o.28 | 81.2 | 82.5 |
| 3.4. | 17.7o | 1.65 | 4.o8 | 6.97 | o.28 | 76.9 | 82.8 |
| 5. | 8.82 | o.82 | 1.81 | 6.87 | o.12 | 79.5 | 84.9 |
| 6. | 9.74 | o.95 | 1.35 | 6.92 | o.o9 | 86.1 | 89.7 |
| 7. | 9.78 | o.91 | 2.91 | 7.53 | o.22 | 7o.2 | 75.9 |
| 8. | 9.77 | o.91 | 1.8o | 7.o2 | o.13 | 81.6 | 86.1 |
| Tier 2 | | | | | | | |
| 1.2. | 17.6o | 1.64 | 4.37 | 8.28 | o.36 | 75.2 | 77.9 |
| 3.4. | 17.7o | 1.65 | 2.49 | 7.28 | o.18 | 85.9 | 89.o |
| 5. | 8.78 | o.82 | 1.4o | 7.76 | o.11 | 84.1 | 86.8 |
| 6. | 9.76 | o.91 | 1.23 | 7.o4 | o.o9 | 87.4 | 9o.5 |
| 7. | 9.75 | o.91 | 2.38 | 7.32 | o.17 | 75.6 | 8o.8 |
| 8. | 9.76 | o.91 | 1.61 | 6.87 | o.11 | 83.4 | 87.8 |
| Tier 3 | | | | | | | |
| 1.2. | 17.35 | 1.62 | 3.6o | 7.56 | o.27 | 79.3 | 83.1 |
| 3.4. | 17.55 | 1.64 | 3.37 | 7.85 | o.27 | 8o.8 | 83.8 |
| 5. | 8.55 | o.8o | 1.o5 | 8.27 | o.o9 | 87.7 | 89.1 |
| 6. | 9.72 | o.91 | 1.96 | 7.74 | o.15 | 79.8 | 83.2 |
| 7. | 9.75 | o.91 | 2.oo | 8.23 | o.17 | 79.5 | 81.8 |
| 8. | 9.75 | o.91 | 1.61 | 8.o6 | o.13 | 83.5 | 85.7 |
| Tier 4 | | | | | | | |
| 1.2. | 16.85 | 1.57 | 4.o3 | 7.75 | o.31 | 76.1 | 8o.1 |
| 3.4. | 17.55 | 1.64 | 3.48 | 6.78 | o.24 | 8o.1 | 85.6 |
| 5. | 8.52 | o.79 | 2.o8 | 7.19 | o.15 | 75.6 | 81.2 |
| 6. | 9.63 | o.9o | o.99 | 7.33 | o.o7 | 89.7 | 91.9 |
| 7. | 9.65 | o.9o | 2.12 | 7.72 | o.16 | 78.1 | 81.3 |
| 8. | 9.65 | o.9o | 2.54 | 6.24 | o.16 | 73.7 | 82.3 |

Tabelle 46

Verdaulichkeit von Torula-Hefe in %

| Tier Nr. | Verdaulichkeit des Rohproteins | | Verdaulichkeit der Trockensubstanz | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 83.7 | | 79.3 | |
| 2 | 85.4 | Ø 84.6 | 81.9 | Ø 8o.7 |
| 3 | 84.5 | | 81.8 | |
| 4 | 83.7 | Ø 84.1 | 78.8 | Ø 8o.3 |
| Ø | 84.4 | | 8o.5 | |

Tabelle 47

Verdaulichkeitskoeffizienten (RP) verschiedener Hefen für die Ratte (Literaturangaben)

| Hefe | Verdaulichkeits-koeffizient | Literatur |
|---|---|---|
| Torula utilis | 88.3$^{x}$ | (115) |
| | 87.3$^{x}$ | (115) |
| | 84.8$^{x}$ | (116) |
| Bierhefe | 85.5$^{x}$ | (115) |
| | 83 $^{x}$ | (117) |
| | 61 $^{x}$ | (117) |
| | 88 | (118) |
| | 79.9$^{x}$ | (116) |
| | 74 - 83 | (119) |
| Bäckerhefe | 72.1 | (12o) |
| | 8o.7$^{x}$ | (116) |

x = wahre Verdaulichkeit

c) Zusammensetzung der Diäten.

In dieser Versuchsanordnung wurden die drei Proteinträger frische Magermilch, Magermilchpulver und Futterhefe in Diäten mit einem Proteingehalt von etwa 1o % und 6.6 % entsprechend einem Nährstoffverhältnis von 1:1o und 1:15 verfüttert. Die neben den untersuchten Eiweißträgern noch zugesetzten Bestandteile der Diäten entsprachen denen der vorigen Versuchsanordnung: Bierhefe, Lebertran, Salzgemisch nach McCollum, Weizenstärke und bei den Hefediäten noch sekundäres Calziumphosphat. Bei den Diäten vom Nährstoffverhältnis 1:15 blieb die Menge der zugelegten Bierhefe konstant, damit änderte sich jedoch der durch die Bierhefe eingebrachte Proteinanteil in der Diät auf rund 12 % des verdaulichen Diätproteins. Die Zusammensetzung der Diäten ergibt sich aus den Tabellen 48 und 49.

Tabelle 48

Komponenten (verd.) der Diäten in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | M 1:1o | W 1:1o | H 1:1o | M 1:15 | W 1:15 | H 1:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Protein | 9.8 | 9.8 | 9.5 | 6.6 | 6.6 | 6.4 |
| Fett | 3.o | 3.o | 3.9 | 3.o | 3.o | 2.9 |
| Salze | 5.2 | 5.2 | 7.2 | 5.3 | 5.3 | 7.3 |
| N-freie Extrakt. | 82.o | 82.o | 79.3 | 85.1 | 85.1 | 82.9 |

Tabelle 49

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestand-teile | M 1:1o | W 1:1o | H 1:1o | M 1:15 | W 1:15 | H 1:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Milch | 24.86 | - | - | 15.92 | - | - |
| M.-pulver | - | 25.o7 | - | - | 16.o6 | - |
| Hefe | - | - | 16.22 | - | - | 1o.42 |
| Bierhefe | 1.49 | 1.48 | 1.45 | 1.52 | 1.49 | 1.46 |
| Lebertran | 2.93 | 2.85 | 2.31 | 2.96 | 2.92 | 2.55 |
| Salzgem. | 2.56 | 2.94 | 3.22 | 3.24 | 3.47 | 3.61 |
| Weizenst. | 68.16 | 67.66 | 74.66 | 76.36 | 76.o6 | 79.8o |
| $CaHPO_4$ | - | - | 2.14 | - | - | 2.16 |

d) Experimentelle Durchführung.

Auf die verschiedenen Diäten frische Magermilch NStV 1:1o und 1:15, Walzenmagermilchpulver NStV 1:1o und 1:15, Torula-Hefe NStV 1:1o und 1:15, im Folgenden bezeichnet M 1:1o, M1:15, W 1:1o, W 1:15, H 1:1o, H 1:15, wurden nun Geschwistertiere verteilt, die bei einem Einsatzalter von 19 - 22 Tagen ein Gewicht von 6.5 - 8.o g erreicht hatten. Die Versuchsdauer betrug 9o Tage.

Die tägliche Futteraufnahme und der Gewichtszuwachs wurden bestimmt. Die Versuchsdaten finden sich in den Tabellen 5o, 51, 52. Für die einzelnen Diäten wurden die Eiweißwirkungswerte berechnet, Tabelle 53. In Tabelle 54 sind die erhaltenen Versuchsdaten, insbesondere im Hinblick auf die beobachteten Leberschäden aufgeführt.

Die graphischen Darstellungen zeigen die Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit, Darstellung 22, und in Abhängigkeit von der aufgenommenen Proteinmenge,

arstellung 23, ferner die Abhängigkeit der Eiweiß-
.rkungswerte von der Zeit, Darstellung 24, und eine Übersicht über die Leberschäden in Darstellung 26. Die logarithmische Darstellung 25 gibt noch einmal die Wachstumskurven wieder. - Signifikanzberechnungen wurden für die Zuwachskurven der Darstellung 22 durchgeführt.

Tabelle 5o

Durchschnittlicher Zuwachs in g

| nach Tg. | M 1:1o | W 1:1o | H 1:1o | M 1:15 | W 1:15 | H 1:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | o.6 | o.7 | -o.1 | o.o | -o.2 | -o.6 |
| 4 | 1.5 | 1.7 | -o.1 | o.6 | o.1 | -o.9 |
| 6 | 2.5 | 2.4 | -o.1 | o.9 | o.2 | -1.4 |
| 8 | 3.7 | 2.9 | o.4 | 1.2 | o.4 | -1.3 |
| 1o | 4.4 | 3.4 | o.5 | 1.5 | o.5 | -1.6 |
| 12 | 5.2 | 4.2 | o.5 | 1.7 | o.6 | -1.6 |
| 14 | 6.3 | 4.7 | o.6 | 1.9 | o.7 | -1.7 |
| 17/18 | 7.4 | 5.7 | 1.o | 2.5 | 1.1 | -1.7 |
| 21 | 8.4 | 5.9 | 1.4 | 2.6 | 1.3 | -2.o |
| 24/25 | 9.7 | 6.8 | 1.7 | 3.2 | 1.7 | -2.o |
| 28 | 11.3 | 7.6 | 1.7 | 3.7 | 1.7 | -1.8 |
| 31/32 | 11.5 | 8.3 | 1.8 | 3.6 | 1.8 | -1.8 |
| 35 | 11.7 | 9.o | 1.8 | 4.1 | 1.6 | -1.8 |
| 38/39 | 12.2 | 9.6 | 1.8 | 4.4 | 1.8 | -1.9 |
| 42 | 12.4 | 9.8 | 1.5 | 4.7 | 1.9 | -1.7 |
| 45/46 | 12.8 | 1o.8 | 1.8 | 5.3 | 2.o | -1.5 |
| 49 | 13.4 | 11.2 | 1.7 | 5.7 | 2.2 | -1.8 |
| 52/53 | 13.6 | 11.2 | 1.6 | 5.9 | 2.1 | - |
| 56 | 13.9 | 11.5 | 2.2 | 6.6 | 2.2 | - |
| 59/6o | 14.1 | 11.4 | 2.3 | 7.o | 2.1 | - |
| 63 | 14.5 | 11.8 | 2.4 | 7.6 | 2.2 | - |
| 66/67 | 14.6 | 12.o | 2.3 | 8.2 | 2.1 | - |
| 7o | 14.7 | 12.4 | 2.2 | 8.5 | 2.6 | - |
| 73/74 | 15.1 | 12.4 | 2.1 | 8.7 | 2.6 | - |
| 77 | 15.2 | 12.7 | 2.3 | 8.8 | 2.5 | - |
| 8o/81 | 15.7 | 12.7 | 2.3 | 8.8 | 2.5 | - |
| 84 | 15.9 | 12.6 | 4.3 | 9.3 | 1.4 | - |
| 87/88 | 16.1 | 12.6 | 4.4 | 9.9 | 1.2 | - |
| 9o | 16.4 | 12.6 | 4.3 | 9.8 | 2.o | - |

Tabelle 51

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tag | M 1:1o | W 1:1o | H 1:1o | M 1:15 | W 1:15 | H 1:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.-1o. | 2.4 | 2.1 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.o |
| 11.-2o. | 3.3 | 2.6 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | o.9 |
| 21.-3o. | 3.8 | 3.o | 1.7 | 2.o | 1.6 | o.7 |
| 31.-4o. | 3.5 | 3.1 | 1.5 | 2.2 | 1.5 | o.8 |
| 41.-5o. | 3.2 | 3.1 | 1.3 | 2.3 | 1.6 | o.7 |
| 51.-6o. | 3.3 | 3.1 | 1.4 | 2.6 | 1.5 | - |
| 61.-7o. | 3.1 | 3.2 | 1.7 | 2.6 | 1.5 | - |
| 71.-8o. | 3.2 | 3.3 | 1.5 | 2.8 | 1.3 | - |
| 81.-9o. | 3.2 | 3.3 | 1.8 | 3.o | 1.3 | - |

Tabelle 52

Durchschnittliche Aufnahme von verdaulichem Protein in g, nach Versuchstagen

| nach Tagen | M 1:1o | W 1:1o | H 1:1o | M 1:15 | W 1:15 | H 1:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | o.9 | o.8 | o.6 |
| 14 | 3.3 | 2.8 | 2.1 | 1.5 | 1.4 | o.9 |
| 21 | 5.6 | 4.5 | 3.2 | 2.2 | 2.1 | 1.2 |
| 28 | 8.1 | 6.3 | 4.3 | 3.1 | 2.8 | 1.5 |
| 35 | 1o.4 | 8.3 | 5.3 | 4.1 | 3.4 | 1.8 |
| 42 | 12.6 | 1o.3 | 6.2 | 5.o | 4.1 | 2.2 |
| 49 | 14.7 | 12.2 | 7.1 | 6.o | 4.7 | 2.4 |
| 56 | 16.9 | 14.2 | 7.9 | 7.1 | 5.3 | - |
| 63 | 19.o | 16.1 | 8.9 | 8.2 | 6.o | - |
| 7o | 2o.1 | 18.o | 1o.o | 9.3 | 6.7 | - |
| 77 | 23.o | 2o.1 | 11.o | 1o.5 | 7.2 | - |
| 84 | 25.o | 22.2 | 12.1 | 11.8 | 7.8 | - |
| 9o | 26.8 | 24.o | 13.1 | 12.8 | 8.3 | - |

Tabelle 53

Berechnung der Eiweißwirkungswerte nach Versuchstagen und für Versuchsabschnitte

| Diät | Versuchstage | Zuwachs in g | Proteinaufnahme in g | Zuwachs/Proteinaufnahme |
|---|---|---|---|---|
| M 1:10 | 1.-30. | 11.5 | 8.8 | 1.30 |
| | 1.-60. | 14.2 | 18.1 | 0.78 |
| | 1.-90. | 16.4 | 26.9 | 0.61 |
| W 1:10 | 1.-30. | 8.1 | 6.9 | 1.18 |
| | 1.-60. | 11.5 | 15.3 | 0.75 |
| | 1.-90. | 12.6 | 24.0 | 0.53 |
| H 1:10 | 1.-30. | 1.8 | 4.6 | 0.38 |
| | 1.-60. | 2.3 | 8.5 | 0.27 |
| | 1.-90. | 4.3 | 13.1 | 0.33 |
| M 1:15 | 1.-30. | 3.7 | 3.3 | 1.12 |
| | 1.-60. | 7.1 | 7.7 | 0.92 |
| | 1.-90. | 9.8 | 12.8 | 0.76 |
| W 1:15 | 1.-30. | 1.6 | 3.0 | 0.56 |
| | 1.-60. | 2.1 | 5.8 | 0.37 |
| | 1.-90. | 2.0 | 8.3 | 0.24 |
| M 1:10 | 1.-30. | 11.5 | 8.8 | 1.30 |
| | 31.-60. | 2.7 | 9.3 | 0.29 |
| | 61.-90. | 2.2 | 8.7 | 0.26 |
| W 1:10 | 1.-30. | 8.1 | 6.9 | 1.18 |
| | 31.-60. | 3.4 | 8.3 | 0.40 |
| | 61.-90. | 1.2 | 8.8 | 0.13 |
| H 1:10 | 1.-30. | 1.8 | 4.6 | 0.38 |
| | 31.-60. | o.5 | 3.9 | 0.14 |
| | 61.-90. | 2.0 | 4.6 | 0.43 |
| M 1:15 | 1.-30. | 3.7 | 3.3 | 1.12 |
| | 31.-60. | 3.4 | 4.4 | 0.78 |
| | 61.-90. | 2.7 | 4.5 | 0.60 |
| W 1:15 | 1.-30. | 1.7 | 3.0 | 0.56 |
| | 31.-60. | 0.5 | 2.8 | 0.16 |
| | 61.-90. | 0.3 | 2.5 | 0.12 |

Tabelle 54

Übersicht über die Versuchsdaten

| | M 1:1o | W 1:1o | H 1:1o | M 1:15 | W 1:15 | H 1:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsdauer in Tagen | 9o | 9o | 9o | 9o | 9o | 9o |
| Zahl der Versuchstiere | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Zahl der gest. Tiere | o | o | 5 | o | 5 | 7 |
| Zahl d. histol. unters. Lebern | 1 | 1 | 7 | 5 | 6 | 7 |
| Fälle mit Lebernekrose(Dob.+) | - | - | 2 | - | 3 | 2 |
| % der an Nekrose gest. Tiere | - | - | 29 | - | 43 | 29 |
| Ø Lebensdauer d. Tiere mit Lebern. in Tagen | - | - | 73 | - | 75 | 46 |
| Mortalitätsquote | - | - | 71.4 | - | 71.4 | 1oo |
| Nekrogenitätsquotient | - | - | 6.6 | - | 7.9 | 27.o |
| Ø tgl. Futteraufn. in g | 3.2 | 3.o | 1.6 | 2.3 | 1.5 | o.8 |
| Eiweißwirkungswerte | | | | | | |
| 1.-3o. Tag | 1.3o | 1.18 | o.38 | 1.12 | o.56 | - |
| 31.-6o. | o.29 | o.4o | o.14 | o.78 | o.16 | - |
| 61.-9o. | o.26 | o.13 | o.43 | o.6o | o.12 | - |
| 1.-3o. | 1.3o | 1.18 | o.38 | 1.12 | o.56 | - |
| 1.-6o. | o.78 | o.75 | o.27 | o.92 | o.37 | - |
| 1.-9o. | o.61 | o.53 | o.33 | o.76 | o.24 | - |

Tabelle 55

Signifikanzberechnung für die Wachstumskurven der Diäten

1) M 10 - 2) W 10

Tierzahl: $n_1 = 6$, $n_2 = 6$; Faktor F: 3.96

| Tag | $\sigma^2_1$ | $\sigma^2_2$ | $M_1$ | $M_2$ | $\sigma$ Diff. | $\sigma$ Diff.xF | $M_1-M_2$ | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 2.85 | 3.02 | 11.5 | 8.2 | 0.99 | 3.96 | 3.29 | - |
| 60 | 4.72 | 1.94 | 14.1 | 11.4 | 1.05 | 4.16 | 2.70 | - |
| 90 | 7.86 | 0.80 | 16.4 | 12.6 | 1.20 | 4.75 | 3.87 | - |

1) M 10 - 2) M 15

Tierzahl: $n_1 = 6$, $n_2 = 7$; Faktor F: 3.85

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 2.85 | 1.27 | 11.5 | 3.6 | 0.78 | 3.00 | 7.88 | + |
| 60 | 4.72 | 2.02 | 14.1 | 7.0 | 1.01 | 3.89 | 7.15 | + |
| 90 | 7.86 | 5.72 | 16.4 | 9.7 | 1.44 | 5.55 | 6.62 | + |

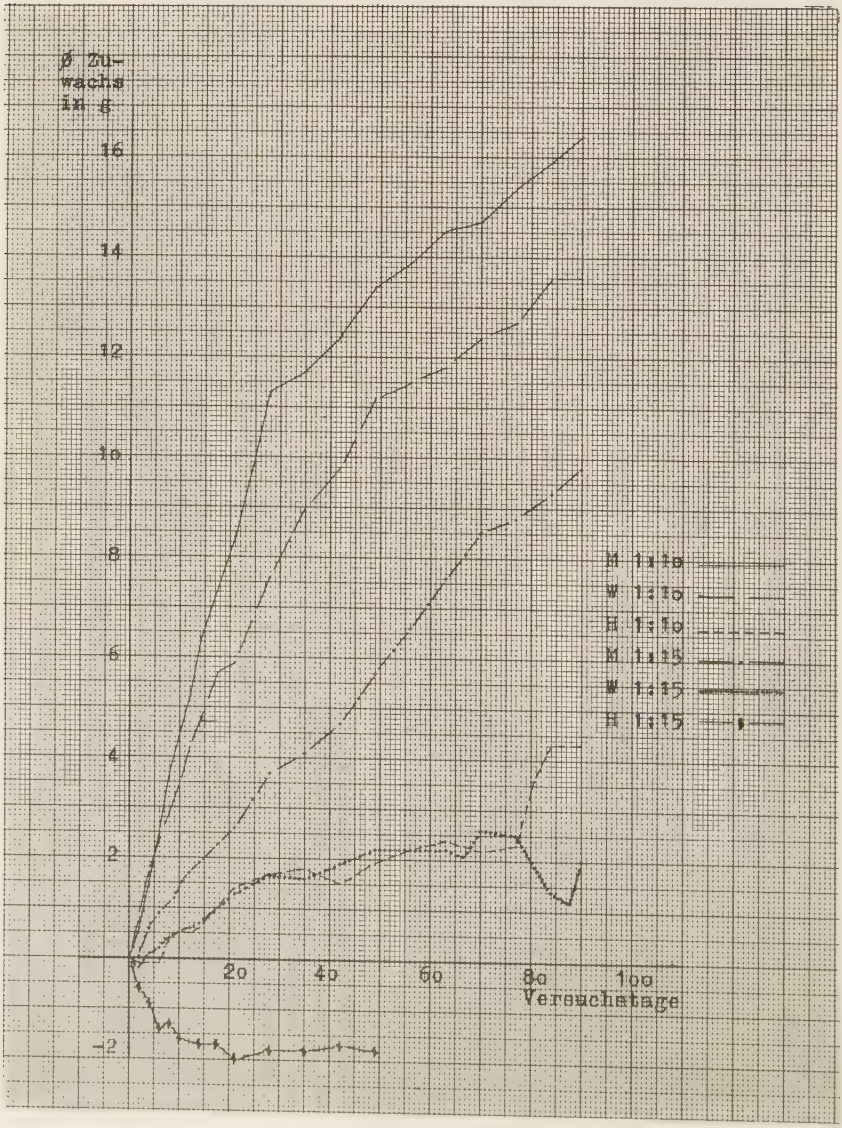
1) W 10 - 2) M 15

Tierzahl: $n_1 = 6$, $n_2 = 7$; Faktor F: 3.85

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 3.02 | 1.27 | 8.2 | 3.6 | 0.80 | 3.08 | 4.59 | + |
| 60 | 1.94 | 2.02 | 11.4 | 7.0 | 0.80 | 3.08 | 4.75 | + |
| 90 | 0.80 | 5.72 | 12.6 | 9.8 | 1.03 | 3.97 | 2.85 | - |

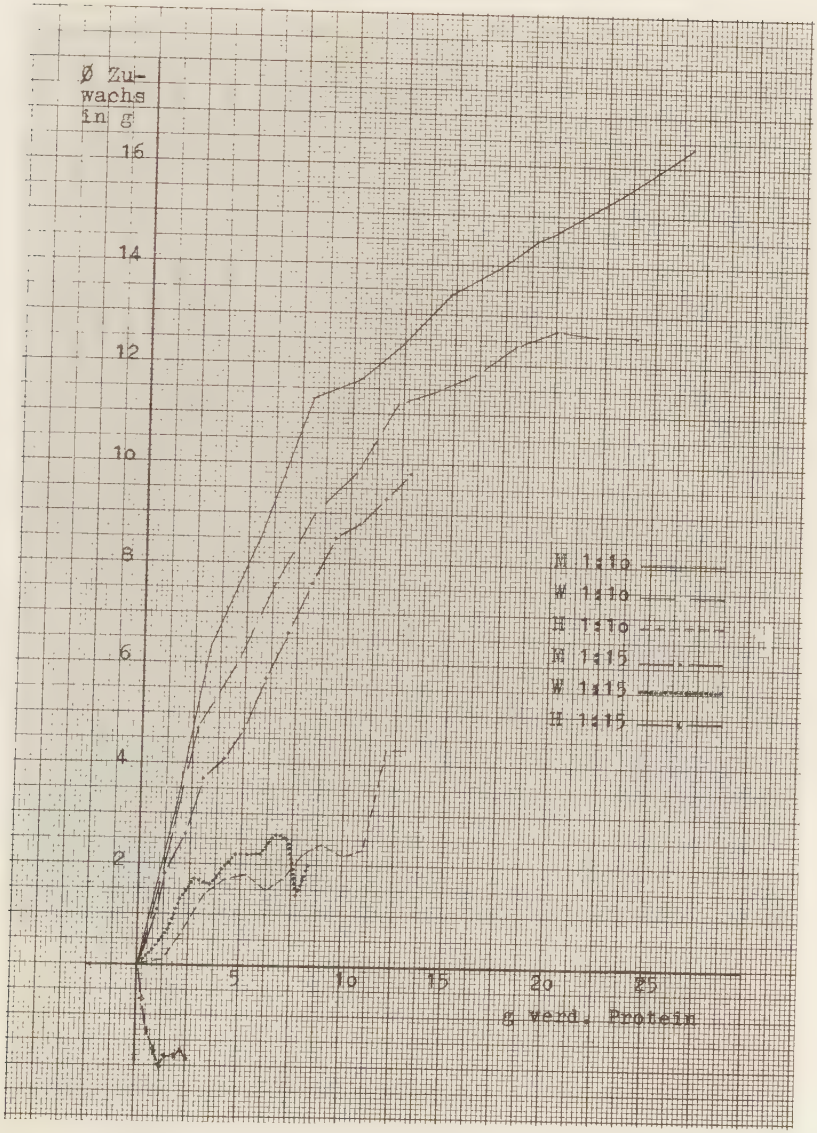
Darstellung 22

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit



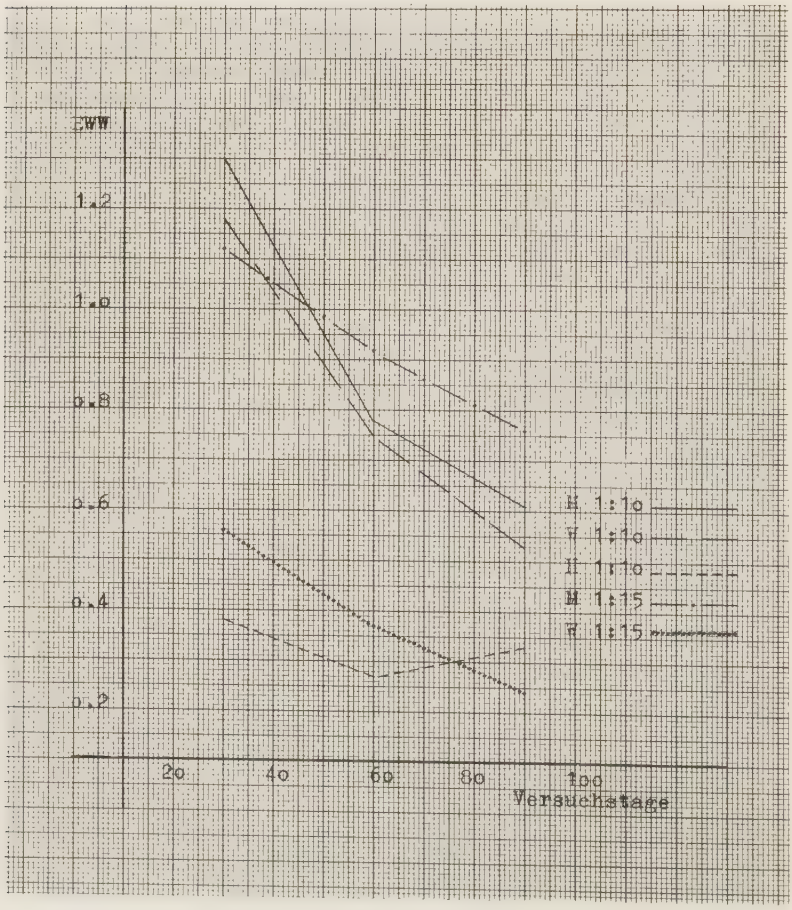
Darstellung 23

Wachstumsintensität in Abhängigkeit vom aufgenommenen verd. Protein



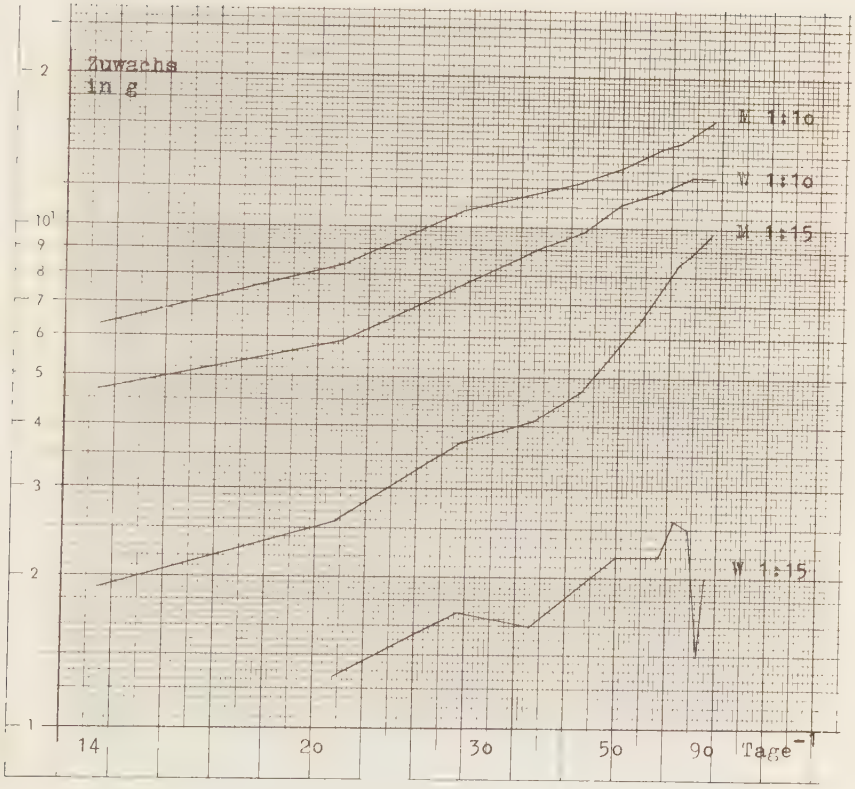
Darstellung 24

Eiweißwirkungswerte in Abhängigkeit von der Zeit



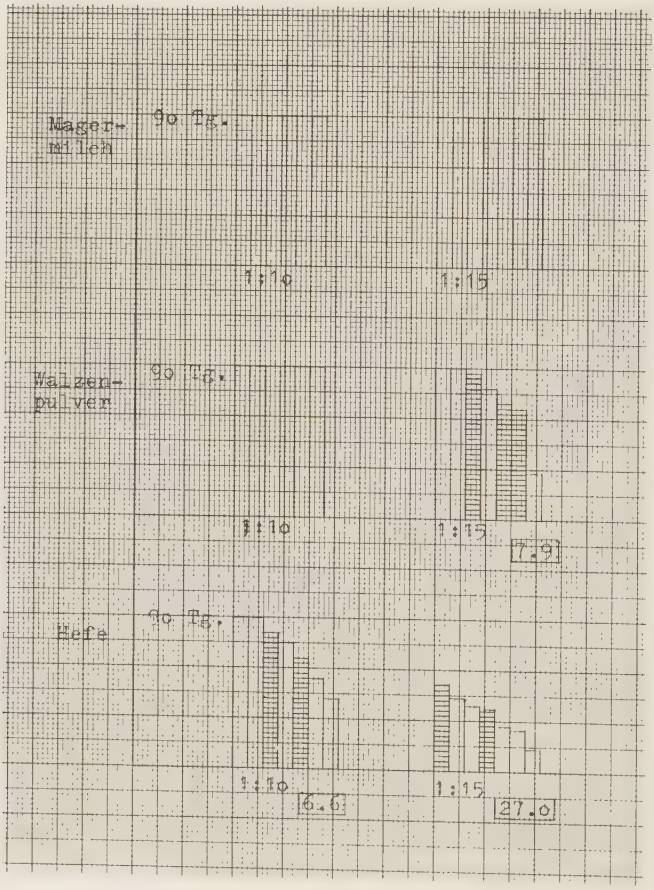
Darstellung 25

Zuwachs in Abhängigkeit von der Zeit



Darstellung 26

Übersicht über die Versuchsergebnisse und
Darstellung der Nekrogenitätsquotienten □



e) Ergebnisse des Versuches.

Der Ausgang des Versuches zeigt, daß nach nunmehr richtig gewähltem Einsatzalter die Maus als Versuchstier für die Qualitätsbestimmung von Proteinen bei der in unserem Institut geübten Methodik zu verwenden ist. Beim Vergleich der mit Ratten und Mäusen erhaltenen Versuchsergebnisse sind bei Beurteilung des Zahlenmaterials allerdings die geringere Größe der Maus und die von der Ratte verschiedenen Forderungen der Maus an das angebotene Futter zu berücksichtigen. Dieses hat u.a. auch eine Verschiebung der zur Erzeugung von Lebernekrosen nötigen Proteinkonzentration bei dem untersuchten Magermilchpulver zur Folge.

Bei Betrachtung der Zuwachskurven, Darstellung 22, ergibt sich für die frische Magermilch eine Überlegenheit gegenüber den Walzenpulver-Diäten für beide gewählten Nährstoffverhältnisse. Dieser Qualitätsunterschied wird eindeutig durch den Verlauf der Kurven in Darstellung 23 bestätigt: für das Frischmilchprotein zeigt sich eine bessere Ausnutzung als für die Eiweißkomponente der walzengetrockneten Magermilch.

Die Eiweißkonzentration, bei der für das Milchprotein maximale Eiweißwirkungswerte erhalten werden, kann möglicherweise für die Maus in dem Bereich zwischen 6.6 und 1o % Diätprotein liegen. Während nämlich beim Nährstoffverhältnis 1:1o die Unterschiede für die Proteine der frischen und getrockneten Magermilch nicht eindeutig zu erkennen sind - es treten keine Ausfälle auf und für die Zuwachskurven läßt sich kein signifikanter Unterschied berechnen (Tabelle 55) - dürfte das Proteinangebot von 6.6 % als zu gering angesehen

werden: die Tiere der Walzen-Diät 1:15 zeigen nur sehr geringes Wachstum, ferner liegt der Eiweißwirkungswert der Frischmilch-Diät 1:15 für den ersten Versuchsabschnitt im Gegensatz zu den Werten für die späteren Abschnitte unterhalb der Werte der M 1:1o - und W 1:1o-Diäten, Darstellung 24, außerdem zeigt die Darstellung 25 für die 1:15 -Diäten keine Geraden, wie es von einem intakten Protein, das normales Wachstum der Versuchstiere ergibt, gefordert wird (13).

Alimentäre Leberschäden sind bei der Walzen-Diät 1:15 aufgetreten. Im Gegensatz zur Ratte liegt bei der Maus die Nekroseschwelle für getrocknete Magermilch nicht bei 1o % sondern bei 6.6 % Diätprotein. Durch Versuche mit Mäusen konnte damit die an Ratten und Schweinen (16, 121, 122) bewiesene Mangelhaftigkeit der getrockneten gegenüber der frischen Magermilch bestätigt werden, die sich nicht nur in schlechterem Wachstum sondern auch in Ausfällen der Mäuse und Ratten infolge nekrotischer Leberschädigungen äußert.

Auch für die Hefe konnten die an Ratten erhaltenen Befunde bestätigt werden. Die Hefe-Diät 1:1o bewirkte nur ganz geringes Wachstum, während sich die 1:15-Diät als völlig insuffizient für das Wachstum der jungen Mäuse erwies. Bei beiden verfütterten Nährstoffverhältnissen traten Lebernekrosen auf, jedoch waren nicht bei allen gestorbenen Mäusen Nekrosen der Leber nachzuweisen. Dieses kann darauf zurückgeführt werden, daß bei Mäusen nach Verabreichung nekrose-auslösender Diäten die Leber erst in späteren Versuchsabschnitten von Zelluntergängen bedroht ist, während primär Degenerationen der Herzmuskulatur auftreten (67), die auch bei einem unserer Versuchstiere (Hefe-Diät) festgestellt wurden.

## II. Die Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Algen, Steinpilz und Champignon.

Neben den Arbeiten über den Trocknungsschaden der Magermilch wurden in den letzten Jahren von FINK und Mitarbeitern im besonderen Untersuchungen über die Eiweißqualität der einzelligen Grünalge Scenedesmus obliquus (37, 4o, 123) und das Verhalten verschiedener Speisepilze im Rattenwachstumstest durchgeführt (41, 42, 43). Dabei bestimmte sich für das Algenprotein eine hohe, der frischen Magermilch mindestens gleichwertige biologische Wertigkeit, ein Befund von erheblicher Bedeutung, da bisher pflanzliche Nahrungsmittel im Vergleich zu tierischen Produkten als unterwertige Proteinkörper angesehen wurden (94). Bei der Untersuchung der Speisepilze konnte für die in der menschlichen Ernährung am meisten verwendeten Sorten, für den Steinpilz (Boletus edulis) und den Champignon (Psalliota bispora) im Hinblick auf ihr diätetisches Verhalten eine Sonderstellung herausgearbeitet werden (42, 44). Dem Steinpilz wurde auf Grund der Fütterungsversuche eine hohe biologische Qualität zugeschrieben, während der Champignon nach Verfütterung in kurzer Zeit zum Exitus der Versuchstiere nach vorausgegangenen polyneuritisartigen Krämpfen führte. Dieses Verhalten des Champignons konnte trotz umfangreicher Untersuchungen bisher nicht aufgeklärt werden, als Ursache wurde das Vorhandensein einer toxischen Substanz im Pilz diskutiert.

Da sich die Maus als geeignetes Versuchstier bei den Untersuchungen an der Milch gezeigt hatte, war nun zu prüfen, wie sie sich gegenüber den hier aufgeführten pflanzlichen Proteinen verhalten würde. Es wurde also eine Versuchsreihe zusammengestellt, bei der Algen,

Steinpilz und Zuchtchampignon die Proteinträger in den Diäten stellten. Als Vergleichsdiät wurde eine Magermilch-Diät mitgeführt; in Analogie zu den Rattenversuchen wurden die Diäten auf ein Nährstoffverhältnis 1:1o eingestellt.

1. Herkunft und Analyse der Proteinträger.

Die frische Magermilch stammte wie in allen anderen Versuchsanordnungen aus dem Kölner Milchhof; bezüglich ihrer analytischen Zusammensetzung siehe Tabelle 37.

Bei den Algen handelte es sich um ein getrocknetes, pulvriges Produkt, das von der Kohlenstoff-Biologischen Forschungsstation in Essen für die Untersuchungen unseres Institutes zur Verfügung gestellt wurde. Der Steinpilz wurde ebenfalls in getrocknetem Zustand von den Silva-Werken, Siegelsbach, bezogen. Da es sich sowohl bei den Algen wie auch bei den Steinpilzen um bereits im Institut ausgetestete Chargen handelte und die analytischen Daten ebenso wie die Verdaulichkeitskoeffizienten bekannt waren, wurden diese Werte übernommen. Der frische Champignon, im Kölner Einzelhandel bezogen, wurde nach Säuberung blanchiert und anschließend auf seine Inhaltsstoffe untersucht.

Die analytische Zusammensetzung der Proteine findet sich in der folgenden Tabelle 56.

Tabelle 56

Zusammensetzung der Proteine in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Algen | Steinpilz | Champignon |
|---|---|---|---|
| Rohprotein | 54.77 | 33.12 | 47.o3 |
| Rohfett | 5.44 | 4.27 | 3.27 |
| Asche | 13.63 | 5.56 | 8.97 |
| N-freie Extraktst. | 15.29 | 57.o5 | 4o.73 |
| Rohfaser | 1o.87 | - | - |
| Verdaulichkeitskoeffizienten | | | |
| Rohprotein | 67.7 | 54.o | 7o.o |
| Rohfett | 55.9 | 6o.o | 6o.o |
| Asche | 19.1 | - | - |
| N-freie Extraktst. | 1oo.o | 54.3 | 54.3 |
| Rohfaser | 1.5 | - | - |
| Verdauliche Inhaltsstoffe | | | |
| Rohprotein | 37.11 | 17.88 | 32.96 |
| Rohfett | 3.o5 | 2.56 | 1.94 |
| Asche | 2.6o | 5.56 | 8.97 |
| N-freie Extraktst. | 15.29 | 3o.98 | 22.o6 |
| Rohfaser | o.16 | - | - |

2. Zusammensetzung und Bereitung der Diäten.

Die Berechnung und Zusammenstellung der Diäten erfolgte auf das Nährstoffverhältnis 1:1o, entsprechend einem Diätproteingehalt von etwa 9.8 %. Der Proteinanteil der sonst analog zusammengesetzten Futter wurde von getrockneten Algen, getrockneten Steinpilzen, frischem Champignon und frischer Magermilch gestellt. Neben den

übrigen Bestandteilen der Diäten, Bierhefe, Lebertran, Salzgemisch nach McCollum und Weizenstärke, wurde den Pilz-Diäten sekundäres Calziumphosphat zugelegt. Die Zusammensetzung der Diäten ergibt sich aus den folgenden Tabellen 57 und 58.

Zur Futterbereitung ist noch folgendes zu ergänzen: Sämtliche Bestandteile der Algen-Diät wurden trocken vermischt, mit Wasser angeteigt und verbacken. Die Steinpilze wurden im Starmix zerkleinert, 12 Stunden in Wasser eingeweicht, 3o min gekocht, mit den übrigen Diätbestandteilen gemischt und verbacken; die gesäuberten Champignons wurden ebenfalls 3o min gekocht, dann im Fleischwolf zerkleinert und entsprechend weiter verarbeitet.

Tabelle 57

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestandteile | Magermilch 1:1o | Algen 1:1o | Steinpilz 1:1o | Champignon 1:1o |
|---|---|---|---|---|
| M.-Milch | 24.86 | - | - | - |
| Algen | - | 22.24 | - | - |
| Steinpilz | - | - | 4o.89 | - |
| Champignon | - | - | - | 24.53 |
| Bierhefe | 1.49 | 1.36 | 1.21 | 1.34 |
| Lebertran | 2.93 | 2.o6 | 1.37 | 2.21[x] |
| Salzgemisch | 2.56 | 3.49 | 1.6o | 2.23 |
| Weizenstärke | 68.16 | 7o.85 | 53.15 | 67.71 |
| $CaHPO_4$ | - | - | 1.78 | 1.98 |

x = die Champignon-Diäten wurden mit Schmalz hergestellt, nähere Angaben dazu im nächsten Versuch

Tabelle 58

Komponenten (verd.) der Diäten in %, i.d.Trs.

| Innaltsstoffe | Magermilch 1:1o | Algen 1:1o | Steinpilz 1:1o | Champignon 1:1o |
|---|---|---|---|---|
| Rohprotein | 9.8 | 9.o | 8.o | 8.8 |
| Rohfett | 3.o | 2.7 | 2.4 | 2.7 |
| Mineralsalze | 4.3 | 4.2 | 5.9 | 4.7 |
| N-freie Extr.st. | 81.6 | 74.6 | 66.3 | 74.o |

3. Experimentelle Durchführung.

18 - 22 Tage alte Mäuse, durchschnittlich 7.7 g schwer, Geschwistertiere beiderlei Geschlechts, wurden auf die vier Diäten verteilt. Der tägliche Futterverzehr und die Gewichtszunahmen wurden wie in den vorstehenden Versuchsansätzen bestimmt. Die Versuchsdauer betrug 9o Tage.

Tabelle 59

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tage | Magermilch 1:1o | Algen 1:1o | Steinpilz 1:1o | Champignon 1:1o |
|---|---|---|---|---|
| 1.-1o. | 2.7 | 2.6 | 2.9 | 1.2(1.-3.Tg) |
| 11.-2o. | 3.2 | 3.3 | 3.3 | |
| 21.-3o. | 3.1 | 3.3 | 3.3 | |
| 31.-4o. | 3.1 | 3.5 | 3.2 | |
| 41.-5o. | 3.2 | 3.2 | 3.2 | |
| 51.-6o. | 2.9 | 3.3 | 2.9 | |
| 61.-7o. | 2.9 | 3.3 | 3.o | |
| 71.-8o. | 3.o | 3.4 | 2.9 | |
| 81.-9o. | 3.o | 3.5 | 3.2 | |

In den Tabellen 59, 6o, 61 und 63 finden sich die erhaltenen Versuchsdaten. Für die Diäten wurden mit Ausnahme der Champignon-Diät die Eiweißwirkungswerte berechnet, Tabelle 62. Die graphische Auswertung der Versuchsergebnisse findet sich in den Darstellungen 27, 28 und 29.

Tabelle 6o

Durchschnittlicher Zuwachs in g

| nach Tagen | Magermilch 1:1o | Algen 1:1o | Steinpilz 1:1o |
|---|---|---|---|
| 2 | 1.o | o.7 | 1.1 |
| 4 | 2.o | 1.6 | 2.5 |
| 6 | 3.1 | 2.4 | 3.2 |
| 8 | 4.o | 3.o | 4.2 |
| 1o | 4.8 | 3.8 | 5.5 |
| 12 | 5.5 | 4.4 | 6.4 |
| 14 | 5.8 | 5.1 | 7.3 |
| 17/18 | 6.6 | 6.4 | 8.4 |
| 21 | 7.9 | 7.4 | 8.9 |
| 24/25 | 8.9 | 8.4 | 9.4 |
| 28 | 9.8 | 8.6 | 1o.5 |
| 31/32 | 1o.4 | 8.9 | 1o.9 |
| 35 | 1o.9 | 9.5 | 1o.6 |
| 38/39 | 11.3 | 1o.5 | 11.8 |
| 42 | 11.7 | 11.2 | 12.3 |
| 45/46 | 12.1 | 11.7 | 12.4 |
| 49 | 12.6 | 12.o | 12.o |
| 52/53 | 12.8 | 12.3 | 12.7 |
| 56 | 13.o | 12.9 | 13.2 |
| 59/6o | 13.2 | 13.o | 12.9 |
| 63 | 12.5 | 13.3 | 14.o |
| 66/67 | 12.7 | 13.3 | 13.9 |
| 7o | 13.o | 14.o | 14.o |
| 73/74 | 13.3 | 14.o | 14.o |
| 77 | 13.7 | 14.6 | 13.9 |
| 8o/81 | 14.2 | 15.2 | 14.4 |
| 84 | 14.7 | 15.2 | 14.9 |
| 87/88 | 14.9 | 15.4 | 14.9 |
| 9o | 15.2 | 15.5 | 14.9 |

Tabelle 61

Durchschnittliche Aufnahme von verdaulichem Protein in g, nach Versuchstagen

| Tage | Magermilch 1:1o | Algen 1:1o | Steinpilz 1:1o |
|---|---|---|---|
| 7 | 2.o | 1.7 | 1.7 |
| 14 | 3.6 | 3.3 | 3.1 |
| 21 | 5.7 | 5.3 | 4.o |
| 28 | 7.7 | 7.4 | 6.6 |
| 35 | 9.7 | 9.4 | 8.2 |
| 42 | 11.7 | 11.4 | 9.9 |
| 49 | 13.8 | 13.3 | 11.4 |
| 56 | 15.7 | 15.3 | 12.8 |
| 63 | 17.5 | 17.3 | 14.4 |
| 7o | 19.4 | 19.3 | 16.o |
| 77 | 21.4 | 21.4 | 17.5 |
| 84 | 23.3 | 23.4 | 19.1 |
| 91 | 25.o | 25.4 | 2o.4 |

Tabelle 62

Berechnung der Eiweißwirkungswerte nach Versuchstagen und für Versuchsabschnitte.

| Diät | Versuchstage | Zuwachs in g | Proteinaufnahme in g | Zuwachs/ Proteinaufnahme |
|---|---|---|---|---|
| Magermilch | 1.-3o. | 1o.2 | 8.3 | 1.23 |
| 1:1o | 1.-6o. | 13.2 | 16.7 | o.79 |
| | 1.-9o. | 15.2 | 25.o | o.61 |
| Algen | 1.-3o. | 8.8 | 7.9 | 1.12 |
| 1:1o | 1.-6o. | 13.o | 16.4 | o.79 |
| | 1.-9o. | 15.5 | 25.4 | o.61 |
| Steinpilz | 1.-3o. | 1o.7 | 7.1 | |
| 1:1o | 1.-6o. | 12.9 | 13.7 | o.94 |
| | 1.-9o. | 14.9 | 2o.4 | o.73 |
| Magermilch | 31.-6o. | 2.o | 8.5 | o.24 |
| | 61.-9o. | 2.o | 8.3 | o.24 |
| Steinpilz | 31.-6o. | 2.2 | 6.7 | o.33 |
| | 61.-9o. | 2.o | 6.8 | o.29 |
| Algen | 31.-6o. | 4.2 | 8.5 | o.49 |
| | 61.-9o. | 2.5 | 8.9 | o.28 |

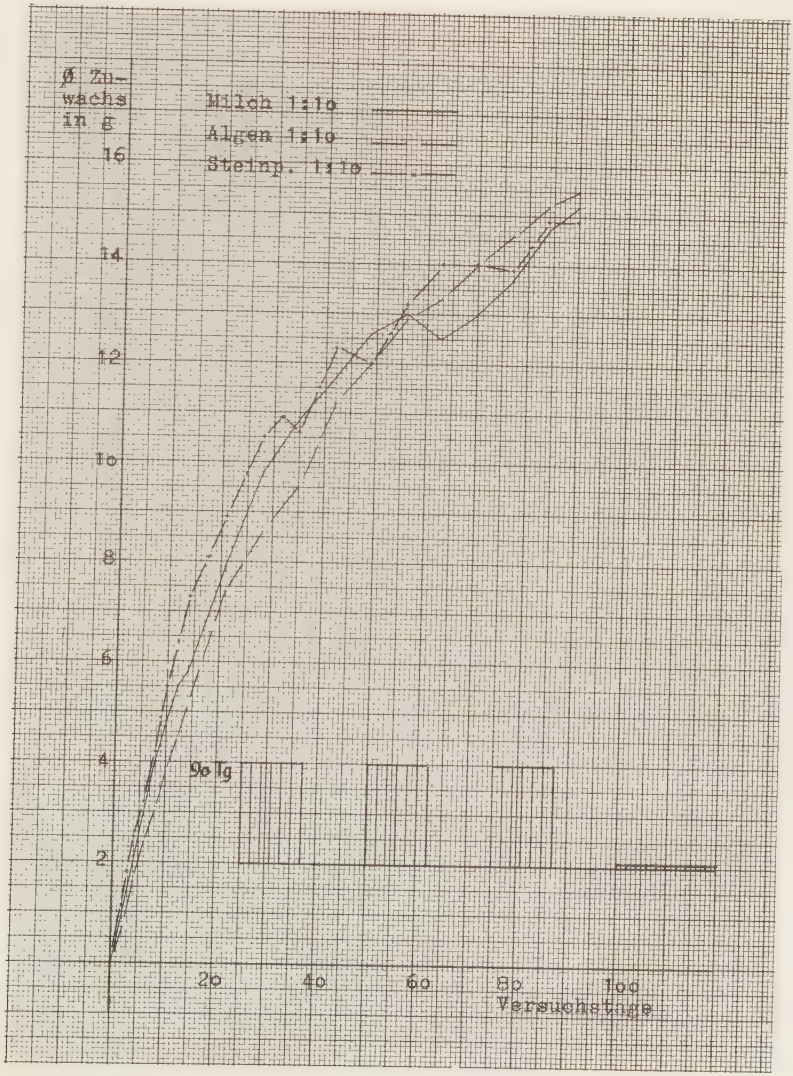
Tabelle 63

Übersicht über die Versuchsdaten

| | Magermilch 1:1o | Algen 1:1o | Steinpilz 1:1o | Champig. 1:1o |
|---|---|---|---|---|
| Versuchsdauer in Tagen | 9o | 9o | 9o | 9o |
| Zahl der Versuchstiere | 6 | 6 | 6 | 1o |
| Zahl der gestorbenen Tiere | o | o | o | 1o |
| Zahl d. histol. unters. Lebern | 1 | 5 | 4 | 3 |
| Fälle mit Lebernekrose(Dob.+) | o | o | o | o |
| Ø Lebensdauer der gest. Tiere in Tg. | - | - | - | 2 |
| Mortalitätsquote | - | - | - | 1oo |
| Ø tgl. Futteraufnahme in g | 3.o | 3.3 | 3.1 | 1.2 |
| Eiweißwirkungswerte | | | | |
| 1.-3o. Tag | 1.23 | 1.12 | 1.51 | - |
| 1.-6o. | o.79 | o.79 | o.94 | - |
| 1.-9o. | o.61 | o.61 | o.73 | |
| 1.-3o. | 1.23 | 1.12 | 1.51 | - |
| 31.-6o. | o.24 | o.49 | o.33 | - |
| 61.-9o. | o.24 | o.28 | o.29 | - |

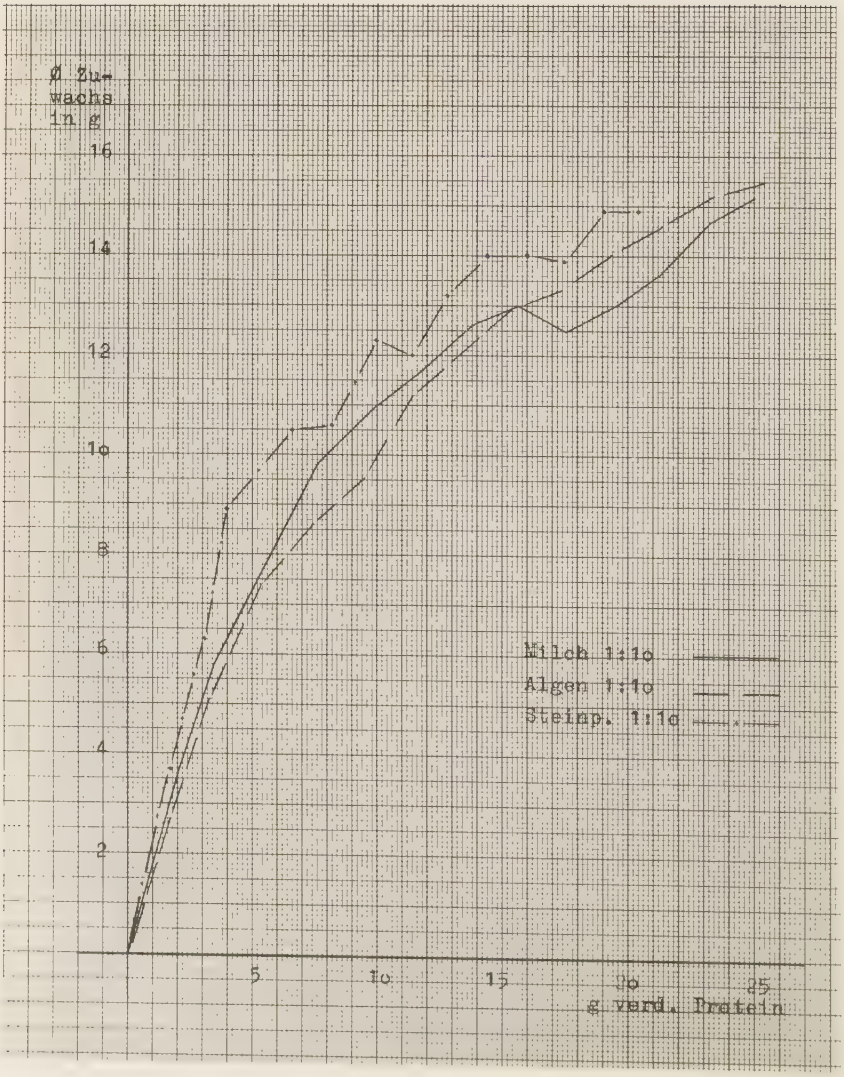
Darstellung 27

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit
Übersicht über die Versuchsergebnisse



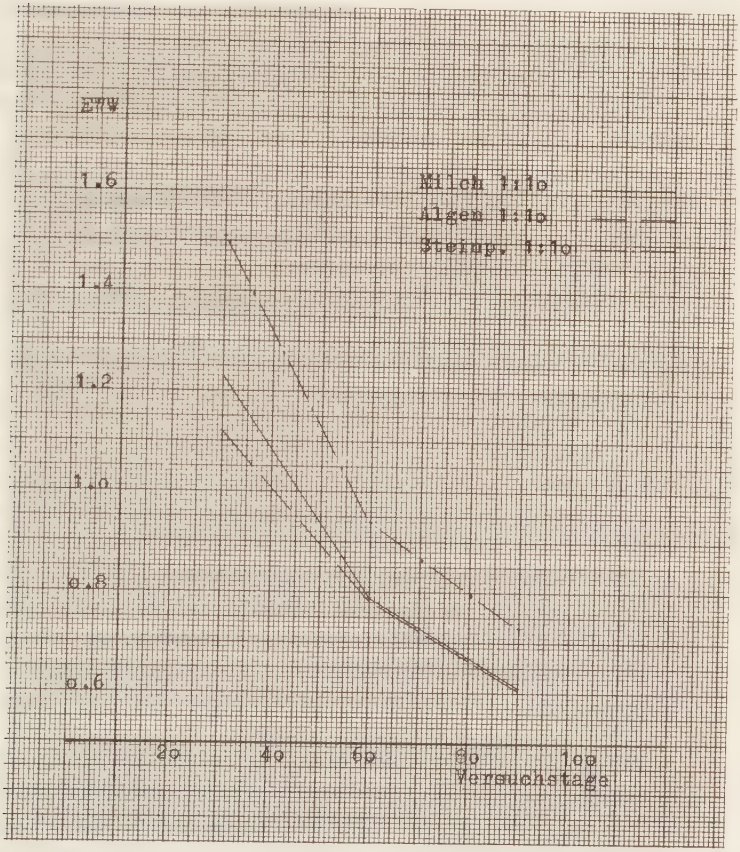
Darstellung 28

Wachstumsintensität in Abhängigkeit vom aufgenommenen verd. Protein



Darstellung 29

Eiweißwirkungswerte in Abhängigkeit von der Zeit



4. Ergebnisse des Versuches.

Zunächst fällt bei Betrachtung der Versuchsdaten, Tabelle 63, die große Empfindlichkeit der Maus gegenüber dem Champignon als Diätbestandteil auf. Die Mäuse der Champignon-Diät waren 3 Tage nach Einsatz in den Versuch verendet, an einzelnen Tieren wurden die bei den Ratten bereits beschriebenen Krämpfe beobachtet. Die Futteraufnahme lag für die Tiere der Champignon- Versuchsreihe während des kurzen Versuchszeitraumes etwas niedriger als bei den anderen Diäten, jedoch lassen sich hier nur schwer Vergleiche ziehen, weil ein großer Teil der Tiere bereits am 2. Tag nach Versuchsbeginn verendet war. Auf Grund dieses Versuchsausganges schien eine weitere Untersuchung, die sich nur mit den Ursachen der nach Verfütterung von Champignon-Diäten bei den Mäusen beobachteten Symptome befassen sollte, wünschenswert, so daß in einer weiteren Versuchsreihe nur auf diese Fragestellung eingegangen werden soll, worauf hiermit hingewiesen sei.

Für das Algen- und Steinpilz-Protein bestimmte sich im Wachstumstest mit den Mäusen eine gute biologische Qualität. Bei einer fast gleich hohen durchschnittlichen täglichen Futteraufnahme (3.2 g) zeigten nach Darstellung 27 die Tiere der Algen- und Steinpilz-Diät ein ebenso gutes Wachstum wie die Mäuse der Frischmilch-Diät. Die Wachstumskurven verlaufen gleich steil und überdecken sich teilweise.

Nach Darstellung 28 bestätigen die Zuwachskurven, aufgetragen in Abhängigkeit vom aufgenommenen Protein, die gleich gute biologische Qualität von Algen, Steinpilz und Magermilchprotein, jedoch zeigt sich für die Steinpilz-Diät eine etwas bessere Ausnutzung des angebotenen

Eiweißes. In Übereinstimmung damit finden sich für die Steinpilz-Diät die höchsten Eiweißwirkungswerte, Darstellung 29, Tabelle 63, für den gesamten Versuchszeitraum. Für die Algen bestimmte sich allerdings für den 31.-6o. Versuchstag ein höherer Eiweißwirkungswert, eine Tatsache, die den an Ratten erhaltenen Befunden entspricht; FINK und Mitarbeiter (17, 94) weisen darauf hin, daß die Aminosäure-Zusammensetzung des Algenproteins den Bedürfnissen der etwas älteren Tiere besonders entgegenkommt.

Die bei den Mäusen auf Grund der Eiweißwirkungswerte erhaltene Überlegenheit des Steinpilzproteins gegenüber dem Eiweiß der frischen Magermilch konnte für die Ratte nicht in gleichem Ausmaß gezeigt werden. In einer früheren Versuchsanordnung (43) zeigten Ratten der Milch-Diät gegenüber der Steinpilzreihe ein signifikant besseres Wachstum; ferner ergab sich für die Höhe der Proteinausnutzung, beurteilt an Hand der Eiweißwirkungswerte, für den ersten Versuchsabschnitt (1.-4o.Tag) für die Magermilch eine bessere Qualität. Für die übrigen Versuchszeiträume errechneten sich bei dem Rattenversuch jedoch auch für die Steinpilz-Diät gleich gute oder aber bessere Eiweißwirkungswerte als für die Magermilch. Die bei dieser Untersuchung pflanzlicher Nahrungsstoffe zwischen den beiden Versuchstieren Ratte und Maus aufgetretenen geringfügigen Unterschiede dürften auf die einer pflanzlichen Kost besonders nahe stehenden Ernährungsbedürfnisse der Maus zurückzuführen sein.

Abschließend kann festgestellt werden, daß auch bei den Wertigkeitsbestimmungen pflanzlicher Proteine Champignon, Algen, Steinpilz mit der Maus als Versuchstier die im Rattentest erhaltenen Ergebnisse im wesentlichen bestätigt werden.

## III. Versuche mit Champignon-Diäten.

Bei der Untersuchung der Algen- und Pilzproteine in der vorstehend beschriebenen Versuchsanordnung waren sämtliche Mäuse, die Champignon-Diäten erhalten hatten, nach etwa 3 Versuchstagen verendet; polyneuritisartige Krämpfe waren ebenfalls wie bei den Ratten an verschiedenen Tieren bemerkt worden. Vermutlich sind diese Krämpfe bei allen Mäusen aufgetreten, haben sich jedoch der direkten Feststellung entzogen, da die Versuchstiere nur wenige Stunden der gesamten Versuchsdauer beobachtet werden. Die Maus erwies sich damit also geradezu als ideales Versuchstier, um die Ursache, der nach Verabreichung von Champignon-Diäten festgestellten Symptome, zu untersuchen, da in kurzer Zeit bei geringem Materialaufwand Versuchsergebnisse vorlagen, die auch auf die Ratten zu übertragen waren und in diesem Sinn als Vorversuch gewertet werden konnten.

Die im einzelnen angeschnittenen Fragen sollten zunächst durch weitere Fütterungsversuche näher untersucht werden.

### 1. Variation der Fettkomponente in den Champignon-Diäten.

FINK und Mitarbeitern (43) war es gelungen, durch Variation der Fettkomponente in den Champignon-Diäten die niedrige Futteraufnahme der Versuchsratten zu erhöhen und damit die krampfauslösenden Eigenschaften des Speisepilzes aufzuzeigen. Sie ersetzten den Lebertran in den Diäten durch Vitamin-E-freies Schweineschmalz und fügten die dem Lebertran entsprechenden Mengen fettlöslicher Vitamine dem Futter in reiner Form zu. Bei früheren Versuchsansätzen im Institut waren die Pilze

stets mit Lebertran verfüttert worden. Die Ratten hatten dann teilweise ein hohes Versuchsalter erreicht, ohne daß Krämpfe aufgetreten waren. So erscheint es naheliegend, daß die Fettkomponente der Champignon-Diät einen Einfluß auf die Wirkungen des verfütterten Champignons hat.

In unserer vorherigen Versuchsanordnung war die an die Mäuse verabreichte Champignon-Diät ebenfalls mit Schmalz zubereitet worden, wie es im Institut nun immer gehandhabt wird, da auf diese Weise eine einigermaßen normale Höhe der Futteraufnahme der Versuchstiere sichergestellt ist. - Um nun für die Mäuse auch eine weitgehende Absicherung der mit den Champignons erhaltenen Versuchsergebnisse zu gewährleisten, wurde zunächst noch einmal der grundlegende Versuch mit frischen Zuchtchampignons durchgeführt, bei dem die Fettkomponente in den Diäten einmal Schweineschmalz, im anderen Fall Lebertran war.

Durchführung und Ergebnis.

An 2o Tage alte Mäuse, Geschwistertiere verschiedener Würfe, wurden zwei Champignon-Diäten verfüttert. Für die Herkunft und Aufarbeitung der Diäten gilt das bereits früher Gesagte (S. 133). In diesem Versuchsansatz wurde als Fettquelle Lebertran und Schmalz verwendet. Die mit Schmalz bereitete Diät erhielt die fettlöslichen Vitamine in Form der bei den Ei-Versuchen angegebenen Vitaminlösung. Beide Diäten wurden an die jeweils 14 Versuchstiere beim Nährstoffverhältnis 1:1o verfüttert. Es handelte sich bei den Proben um Futterchargen, die gleichzeitig im Institut an Ratten verfüttert wurden. Nach diesen Angaben wurde auch die Zusammensetzung

der Diäten in Tabelle 64 aufgeführt. Die tägliche Futteraufnahme der Versuchstiere wurde wie üblich bestimmt, bei den Tieren der Lebertran-Reihe auch die Gewichtszunahmen, Tabelle 65.

Tabelle 64

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestandteile | Champ.Leb. 1:1o | Champ.Sch. 1:1o |
|---|---|---|
| Champignon | 25.36 | 26.4o |
| Bierhefe | 1.36 | 1.33 |
| Lebertran | 2.67 | - |
| Schmalz | - | 2.15 |
| Salzgemisch | 2.7o | 2.o9 |
| $CaHPO_4$ | 2.o2 | 1.97 |
| Weizenstärke | 65.89 | 66.o6 |

Tabelle 65

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g
durchschnittlicher Zuwachs in g

| Tage | Futteraufnahme Champ.Leb. | Champ.Sch. | Nach Tagen | Zuwachs Champ. Leb. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | o.9 | 1.6 | 2 | -1.1 |
| 2. | 1.3 | 1.3 | 4 | -1.6 |
| 3. | 1.2 | o.8 | 6 | -2.2 |
| 4. | 1.o | - | 8 | -2.3 |
| 5. | 1.o | - | 1o | -1.9 |
| 6. | 1.4 | - | 12 | -2.1 |
| 7. | 1.2 | - | 14 | -2.5 |
| 8. | 1.3 | - | 21 | -3.o |
| 9. | o.9 | - | | |
| 1o. | o.8 | - | | |
| 11.-25. | o.7 | - | | |

Tabelle 66

Übersicht über die Versuchsdaten

| | Champ.Leb.1:1o | Champ.Sch.1:1o |
|---|---|---|
| Zahl der Versuchstiere | 14 | 14 |
| Zahl der gestorbenen Tiere | 14 | 14 |
| Ø Lebensdauer der Tiere in Tagen | 1o | 2 |
| Ø tägliche Futteraufnahme in g | 1.2 | 1.3 |

In Tabelle 66 sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt. Sämtliche Tiere verendeten nach kurzer Versuchsdauer, dabei ergab sich für die Lebertran-Reihe jedoch eine etwas längere Lebensdauer der Mäuse, die sich schon in dem oben angeführten Durchschnittswert von 1o Tagen äußert. Im einzelnen gingen von den 14 Versuchstieren 6 innerhalb der ersten 5 Tage ein, 3 waren nach weiteren 5 Tagen verendet, während die restlichen 5 Tiere ein Versuchsalter von 12, 16, 17, 2o und 25 Tagen erreichten. Die Tiere zeigten kein Wachstum. Damit konnte bei der minimalen Futteraufnahme, die wohl für die ersten Versuchstage aber nicht für einen längeren Versuchszeitraum als ausreichend angesehen werden kann, nicht gerechnet werden.

Die nach Ersatz des Schweineschmalzes durch Lebertran in den Champignon-Diäten beobachtete längere Lebensdauer der Versuchstiere hat ihre Ursache entweder in der geringeren Dosis der zugeführten toxischen Substanz - infolge der niedrigen Futteraufnahme - oder in einer Schutzwirkung des Lebertrans.

2. Variation der Futtertrocknung.

Da sich im vorigen Versuch für die Mäuse ein unterschiedliches Verhalten gegenüber einem Diätbestandteil (der Fettkomponente) der Champignon-Diät ergeben hatte, erschien es möglich, daß die krampfauslösende Wirkung des Champignon-Futters während der Diätbereitung, speziell bei der Futtertrocknung entstand, und zwar in der Form, daß beim Verbacken der Futtermischung Bedingungen geschaffen werden, die eine Reaktion der Inhaltsstoffe der Diät untereinander ermöglichen und damit eine Veränderung am Champignon hervorrufen, die bei der Verfütterung der Diäten zu den beobachteten Schäden bei den Versuchstieren führt.

Um diese Möglichkeit, die Entstehung eines giftigen Inhaltsstoffes durch die Futterbereitung und Futtertrocknung, auszuschließen, wurde in der jetzigen Versuchsanordnung neben normal verbackener Champignon-Diät Futter an die Mäuse verabreicht, bei dem sämtliche Diätbestandteile mit Ausnahme des Proteinträgers zu einem "Stärkekeks" verbacken worden waren. Die gepulverten Kekse wurden mit der entsprechenden Menge gekochtem zerkleinertem Champignon-Brei jeweils frisch angeteigt und in feuchtem Zustand verfüttert. Eine weitere Diät wurde in bekannter Weise vermischt und dann bei vermindertem Druck und Zimmertemperatur über Silicagel getrocknet. Bei allen Diäten wurde weiterhin der Proteinanteil und damit die Konzentration des Champignons erhöht, um schärfere Versuchsbedingungen zu schaffen; außerdem wurde die Variation der Fettkomponente Lebertran - Schmalz beibehalten.

Durchführung und Ergebnis.

An die Versuchstiere wurden 5 verschiedene Diäten verfüttert, die auf ein Nährstoffverhältnis von 1:5 eingestellt worden waren:
Champignon-Diät mit Schmalz (Ch Sm)
Champignon-Diät mit Lebertran (Ch Le)
Schmalz-Stärkekeks mit Champignon-Brei (Ke Sm)
Lebertran-Stärkekeks mit Champignon-Brei (Ke Le)
Champignon-Diät mit Schmalz, vakuumgetrocknet (Ch Va)
Tabelle 67 gibt die Zusammensetzung der Diäten an, in Tabelle 68 sind die Versuchsdaten aufgeführt.

Tabelle 67

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestandteile | Ch Sm 1:5 | Ch Le 1:5 |
|---|---|---|
| Champignon | 43.6 | 51.4 |
| Bierhefe | 1.2 | 1.2 |
| Lebertran | - | 1.4 |
| Schmalz | 1.6 | - |
| Salzgemisch | 1.8 | 1.7 |
| $CaHPO_4$ | 1.8 | 1.7 |
| Weizenstärke | 5o.o | 42.6 |

Wie aus der Übersicht, Tabelle 68, hervorgeht, verendeten sämtliche Versuchstiere innerhalb weniger Tage.

Der Ausgang dieses Versuches zeigt eindeutig, daß durch die Art unserer Futterbereitung keine Veränderung in Form einer Abwertung am Champignon hervorgerufen wird. Außerdem ist bei dem gewählten Nährstoffverhältnis 1:5,

Tabelle 68

Übersicht über die Versuchsdaten

| | Ch Sm 1:5 | Ch Le 1:5 | Ke Sm 1:5 | Ke Le 1:5 | Ch Va 1:5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Versuchstiere | 8 | 8 | 6 | 6 | 1o |
| Zahl der gestorbenen Tiere | 8 | 8 | 6 | 6 | 1o |
| Ø Lebensdauer der Tiere in Tagen | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Ø tägliche Futteraufnahme in g | o.8 | 1.1 | 2.o | 1.5 | o.7 |
| Futteraufnahme in g: | | | | | |
| 1. Tag | o.8 | o.8 | 1.2 | o.7 | o.5 |
| 2. | o.8 | o.7 | 2.7 | 2.3 | o.8 |
| 3. | o.7 | 1.8 | 2.o | 1.4 | o.8 |
| 4. | - | - | - | - | o.7 |
| 5. | - | - | - | - | o.8 |

das eine erhöhte Aufnahme vom Champignon bedingt, auch kein Unterschied mehr zwischen den mit Lebertran und Schmalz bereiteten Diäten festzustellen, so daß dem Lebertran nur bedingt eine Schutzwirkung oder herauszögernde Wirkung zugeschrieben werden kann.

3. Verfütterung von getrockneten Zuchtchampignons.

Bereits in früheren Versuchen (41) war in unserem Institut getrocknetes Champignonmaterial zu Diäten verarbeitet worden. Es handelte sich damals um getrockneten Feldchampignon. Die Versuchsratten hatten den über 22o Tage dauernden Versuch überlebt, jedoch kein Wachstum gezeigt. - Es ergab sich für die hier durchgeführten

Versuche ebenfalls die Fragestellung, wie sich die Mäuse gegenüber getrocknetem Pilzmaterial verhalten würden. Vielleicht gestatte diese Versuchsanordnung einen Einblick in die Ursachen der toxisch wirkenden Champignon-Diät, zumal sich ja bei den Untersuchungen des Institutes die Trocknung als ein wesentlicher und einschneidender Vorgang für die Wertigkeit von Proteinen gezeigt hatte: für die Magermilch und die einzellige Alge hatten sich bezüglich ihrer biologischen Qualität erhebliche Unterschiede zwischen frischem und getrocknetem Material im Tierversuch herausgestellt.

Durchführung und Ergebnis.

An jeweils 6 Geschwistertiere verschiedener Würfe wurden mit Schmalz und Vitamin-Zulagen bereitete eiweißmonochromatische Diäten vom Nährstoffverhältnis 1:5 verfüttert. Die verwendeten Zuchtchampignons, die in größerer Menge im Einzelhandel erworben waren, wurden einmal direkt als Frischprodukt im anderen Fall nach vorheriger Trocknung zu den Diäten aufgearbeitet. Die Zusammensetzung der Diät ergibt sich aus der nebenstehenden Aufstellung. Weitere Versuchsdaten sind aus den Tabellen 69, 7o und der Darstellung 3o ersichtlich.

Zusammensetzung der Diät in %, i.d.Trs.

| | |
|---|---|
| Champignon | 55.6 |
| Schmalz | 2.2 |
| Salzgemisch | 1.7 |
| $CaHPO_4$ | 1.6 |
| Weizenstärke | 38.9 |

Tabelle 7o

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme und durchschnittlicher Zuwachs der Tiere der Trokkenchampignon-Diät in g

| Tage | Futteraufnahme | Nach Tagen | Zuwachs |
|---|---|---|---|
| 1.-1o. | 1.3 | 3 | -o.2 |
| 11.-2o. | 1.4 | 6 | -o.2 |
| 21.-3o. | 1.6 | 9 | -o.2 |
| 31.-4o. | 1.4 | 12 | o.6 |
| 41.-5o. | 1.7 | 15 | o.8 |
| 51.-6o. | 1.6 | 2o | o.9 |
| 61.-7o. | 1.6 | 25 | 1.1 |
| 71.-8o. | 1.7 | 3o | 1.6 |
| 81.-9o. | 1.8 | 35 | 1.6 |
| | | 4o | 1.5 |
| | | 45 | 1.5 |
| | | 5o | 1.7 |
| | | 55 | 2.o |
| | | 6o | 2.2 |
| | | 65 | 2.4 |
| | | 7o | 2.5 |
| | | 75 | 2.9 |
| | | 8o | 3.3 |
| | | 85 | 3.3 |
| | | 9o | 3.6 |

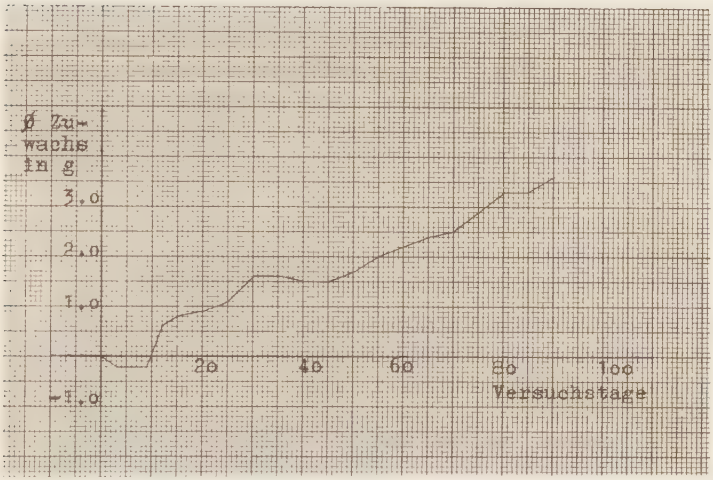
Tabelle 7o

Übersicht über die Versuchsdaten

| | Champ. 1:5 | Champ.tr. 1:5 |
|---|---|---|
| Zahl der Versuchstiere | 6 | 6 |
| Zahl der gestorbenen Tiere | 6 | o |
| Ø Lebensdauer der Tiere in Tagen | 3 | 9o |
| Ø tägliche Futteraufnahme in g | o.7 | 1.6 |

Darstellung 3o

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit für die Tiere der Trockenchampignon-Diät




Wie Tabelle 7o zeigt, verendeten die Tiere der Frisch-Champignon-Diät in kurzer Zeit während die Mäuse der Trockenchampignon-Diät die Versuchsdauer überlebten. Der Ausgang des Versuches läßt dem Vorgang der Trocknung auch bezüglich des hier untersuchten Speisepilzes eine besondere Bedeutung zukommen. Zwar wird auch nach Verfütterung des getrockneten Champignons nur eine schlechte biologische Wertigkeit des Pilzproteins festgestellt, es sind aber keine Krämpfe und frühe Ausfälle der Tiere beobachtet worden. Die Mäuse zeigten nur geringes Wachstum, Darstellung 3o, nachdem zu Beginn der Versuchszeit die meisten Tiere eine Verdauungsstörung überwinden mußten.

Durch die Trocknung des Champignons muß also die krampfauslösende Komponente des Pilzes - vermutlich eine leicht oxydable Substanz - zerstört oder in anderer Form inaktiviert worden sein, so daß der Champignon seine Toxizität für die Versuchstiere verloren hat. Diese Tatsache zeigt für den Champignon ein der Alge ähnliches Verhalten: die Alge weist als Frischprodukt ebenfalls eine gewisse Giftwirkung auf, während sie als getrocknetes Material ein hochwertiges Nahrungsprotein darstellt, was jedoch für den Champignon nicht gültig zu sein scheint.

## 4. Versuche mit begrenzter Futterverabreichung.

Bei Verfütterung der Champignon-Diäten, die in wenigen Tagen zum Exitus der Versuchstiere führten, bestimmte sich besonders bei Berücksichtigung der errechneten Durchschnittswerte eine sehr niedrige Futteraufnahme der Versuchstiere. Um den Einwand, der ein Verhungern der Mäuse als Ursache für die beobachtete Mortalität ansieht, zu entkräften, wurden die im folgenden beschriebenen "Äquivalenz"-Fütterungsversuche durchgeführt.

Erfahrungsgemäß liegt die Futteraufnahme in den ersten Tagen eines Fütterungsversuches selbst nach Verabreichung von Milch-Diäten bei Ratten und auch Mäusen relativ niedrig und erreicht erst im Laufe mehrerer Tage eine der Tiergröße und dem Tieralter angemessene Höhe. Dieses ist dadurch bedingt, daß sich bei Einsatz der gerade entwöhnten jungen Tiere in einen Versuch der Organismus auf die Diätbedingungen umstellen und daher zunächst - besonders bei schwer verdaulichen Futtern - eine gewisse Eingewöhnungszeit durchmachen muß.

Bei Beurteilung der von den Mäusen aufgenommenen Champignon-Futtermengen kommt als weiteres, einen normalen Vergleich erschwerendes Moment noch der Umstand hinzu, daß die Mäuse durch die erste Futteraufnahme offenbar schon eine schwere Schädigung erfahren und der Futterverzehr am 2., bezw. 3. und 4. Versuchstag nicht mehr als ein unter normalen Bedingungen erhaltener Wert angesehen werden kann, zumal ein Teil der Tiere schon am 2. Versuchstag verendet ist, bezw. im Laufe des 2. Tages eingeht, nachdem von den letzteren nur noch geringe Futtermengen gefressen worden sind.

Es erschien jedoch unerläßlich, in einer Versuchsanordnung diese Überlegungen nachzuprüfen. Deshalb wurden an junge Mäuse geringe Mengen einer suffizienten Diät verfüttert, wobei die Futtermenge nach der Höhe der von anderen Tieren aufgenommenen Champignon-Diät bemessen wurde.

Durchführung und Ergebnis.

Es wurden zwei Versuchsgruppen zusammengestellt. Einmal wurde an vier junge Mäuse eine Champignon-Diät NStV 1:1o verfüttert, während weitere vier Geschwistertiere eine Frisch-Magermilch-Diät NStV 1:1o erhielten. Von der Milch-Diät wurde an den ersten beiden Versuchstagen 1.6 g, am 3. und 4. Tag 1.7 g, vom 5. bis 14. Tag jeweils 2.o g verfüttert. - In der folgenden Tabelle 71 sind die Versuchsdaten für jedes Tier gesondert aufgeführt.

In der nächsten Versuchsgruppe erhielten 7 junge Mäuse wiederum die Champignon-Diät NStV 1:1o, während weitere 7 Versuchstiere, die einen Tag später in den Versuch

Tabelle 71

Versuchsdaten der Champignon- und Frisch-Magermilch-Diäten NStV 1:1o

| Diät | Tier | Einsatzgewicht in g | Futteraufnahme in g Tg1. | 2. | 3. | 4. | 5.-14. | Endgewicht in g n.14 Tg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Champ. | 1 | 9.9 | 2.2 | o.8 | + | | | - |
| | 2 | 8.1 | - | 1.4 | 1.5 | 1.1 | + | - |
| | 3 | 8.2 | o.7 | 1.9 | 1.1 | o.3 | + | - |
| | 4 | 8.5 | 1.4 | 1.o | + | | | - |
| Milch | 1 | 8.7 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 2.o | 9.4 |
| | 2 | 7.5 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 2.o | 9.o |
| | 3 | 8.5 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 2.o | 9.9 |
| | 4 | 7.9 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 2.o | 9.1 |

eingesetzt wurden, die von den Vergleichstieren am Vortag aufgenommenen Futtermengen, aber in Form einer aus getrockneten Champignons zubereiteten Diät vom NStV 1:1o, bekamen. Nach dem Exitus der Tiere der Frisch-Champignon-Reihe wurde täglich 2.5 g Trockenchampignon-Diät verfüttert, jedoch wurde diese Futtermenge ebenso wenig voll in Anspruch genommen, wie die auf Grund der Vergleichsreihe in den ersten Tagen angebotenen Futtermengen. - Die Versuchsdaten sind in Tabelle 72 zusammengestellt.

Die beiden Äquivalenzfütterungsversuche verliefen wie folgt: Die Tiere der Frischmilch-Diät zeigten trotz des geringen Futterangebotes nach der 14-tägigen Versuchsdauer einen Gewichtszuwachs, während die Mäuse der Champignon-Reihe nach spätestens 4 Tagen verendet waren, Tabelle 71. Im nächsten Versuchsansatz gingen in

Tabelle 72

Versuchsdaten der Frisch-Champignon- und Trocken-Champignon-Diäten NStV 1:1o

| Diät | Tier | Einsatzgewicht in g | Endgewicht in g nach 2o Tagen |
|---|---|---|---|
| Fr.Ch. | 1 | 9.5 | - |
| | 2 | 9.o | - |
| | 3 | 9.2 | - |
| | 4 | 9.2 | - |
| | 5 | 1o.3 | - |
| | 6 | 9.5 | - |
| | 7 | 8.8 | - |
| Tr.Ch. | 1 | 8.6 | 7.2 |
| | 2 | 9.o | 8.3 |
| | 3 | 9.7 | 8.4 |
| | 4 | 8.9 | 7.6 |
| | 5 | 9.3 | 8.6 |
| | 6 | 9.2 | 7.1 |
| | 7 | 9.9 | 9.8 |

| | | Futteraufnahme in g nach Tagen | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. | 2. | 3. | 4. | 3. | 4. | 5. | 6.-1o. | 1o.-2o. |
| Fr.Ch. | 1 | 2.o | 2.5 | 1.6 | 1.o | | | + | | |
| | 2 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | o.6 | | | + | | |
| | 3 | 1.4 | 1.8 | 1.7 | 2.1 | | | + | | |
| | 4 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | | | + | | |
| | 5 | 1.1 | 1.8 | + | | | | | | |
| | 6 | 1.8 | 1.9 | + | | | | | | |
| | 7 | 1.2 | - | + | | | | | | |
| Tr.Ch. | 1 | 2.o | 1.5 | 1.6 | 1.o | | | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| | 2 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | o.6 | | | 1.9 | 2.o | 2.1 |
| | 3 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 2.1 | | | 1.8 | 1.8 | 1.9 |
| | 4 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | | | 2.o | 1.9 | 1.7 |
| | 5 | o.4 | 1.4 | | | 2.1 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.1 |
| | 6 | 1.6 | 1.1 | | | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 1.7 |
| | 7 | 1.2 | - | | | 1.9 | 2.o | 1.9 | 1.9 | 1.9 |

Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Versuches 3 (s.S. 153) die Mäuse der Frisch-Champignon-Reihe in kürzester Zeit ein, alle Tiere der Trocken-Champignon-Diät überlebten die 2o tägige Versuchsdauer. Es war allerdings keine Gewichtszunahme zu beobachten.

Der Ausgang des Versuches zeigt, daß die nach Verfütterung von Champignon-Diäten (frisch) beobachtete Mortalität der Mäuse nicht als Folge einer zu niedrigen Futteraufnahme der Versuchstiere anzusehen ist, sondern die Ursachen dafür in der verabreichten Diät gesucht werden müssen.

## 5. Versuche mit Champignon-Saft und Champignon-Rückstand

Nachdem nun sichergestellt war, daß die bei Verfütterung von Champignon-Diäten beobachteten Krämpfe und Ausfälle der Mäuse auf einen Inhaltsstoff des Pilzes zurückgeführt werden müssen, sollten in Tierversuchen einige Anhaltspunkte über die Natur der "toxischen" Substanz erhalten werden.

### a) Auftrennung des Champignons in Saft und Rückstand.

Es wurden zunächst "Bilanzversuche" angestellt, die Aufschluß darüber geben sollten, wie die Inhaltsstoffe des Champignons, speziell der Proteinanteil, im Saft und Rückstand verteilt sind.

Der frisch bezogene Zuchtchampignon wurde wie üblich gesäubert, blanchiert und zerkleinert. Es wurden verschiedene Proben genommen und der Saft abzentrifugiert; der Rückstand wurde dann erneut mit Wasser digeriert und der Saft wiederum abzentrifugiert. In den einzelnen Proben wurde der Trockensubstanz- und Rohprotein-Gehalt

bestimmt. Die Versuchsdaten sind in der Tabelle 73 aufgeführt. Daraus geht hervor, daß etwa die Hälfte des Rohproteins des Champignons sich im wässrigen Extrakt befindet. Obgleich die Zusammensetzung des Champignons bezw. verschiedener Champignon-Chargen erhebliche Unterschiede aufweisen kann, z.B. schwankte der Rohproteingenalt verschiedener im Institut untersuchterProben von 4o.o - 6o.o % i.d.Trs., dürfte die nahezu gleichmäßige Verteilung der Proteinsubstanzen in Saft und Rückstand allgemein für den Champignon gültig sein, so daß eine erste Trennung der Champignon-Inhaltsstoffe in Saft und Rückstand und eine Austestung dieser beiden Gruppen im Tierversuch als vernünftig anzusehen ist.

Tabelle 73

Aufteilung des Champignon-Proteins in Saft und Rückstand in %, i.d.Trs.

| Substanz digeriert und zentrifugiert | Rohprotein in | |
|---|---|---|
| | Rückstand | Lösung |
| einmal | 52 | 49 |
| dreimal | 46 | 54 |
| fünfmal | 43 | 56 |

b) Verfütterung von Champignon-Saft und Champignon-Rückstand-Diäten.

Es wurden Versuchsreihen angesetzt, bei denen Champignon-Rückstand- und Champignon-Saft-Diäten verfüttert wurden. Die Aufarbeitung des Champignons wurde in der Weise vorgenommen, daß die gesäuberten, blanchierten Champignons

im Entsafter vom größten Teil des Saftes getrennt und dabei gleichzeitig zerkleinert wurden. Anschließend wurde der Rückstand mit Wasser digeriert und mit einer Tinkturen-Presse der wässrige Extrakt abgetrennt. Dieses Eluieren und Abpressen wurde dreimal wiederholt. - Der Rückstand wurde gleich nach der Analyse zu Futter verarbeitet, während der Saft zunächst auf ein kleines Volumen eingeengt und dann erst weiter aufgearbeitet wurde. Das Einengen des stark schäumenden Saftes erforderte besondere Vorkehrungen bei der Destillation, um das Material weitgehend zu schonen. Es wurde ein 2-Liter-Kolben für die Vakuumdestillation benutzt, die Temperatur des Wasserbades betrug 4o° C. Der Zufluß des einzuengenden Saftes aus einem Vorratsgefäß wurde durch einen Quetschhahn so einreguliert, daß der durch die Kapillare zufließende Tropfen im unteren Drittel des Kolbens zerplatzte und das überschüssige Wasser direkt abdestillierte.

Durchführung und Ergebnis.

Es wurden nun einige Mäuse auf die Saft- und Rückstanddiäten verteilt, und, nachdem sich in wenigen Tagen bereits ein ziemlich deutliches Versuchsergebnis abzeichnete, eine größere Tierzahl für die Reihen eingesetzt, um eine Absicherung der Versuchsergebnisse zu ermöglichen. 25 Mäuse erhielten die Saft-Diät, 14 Tiere bekamen Champignon-Rückstand-Futter. Die Diäten wurden mit Schmalz zubereitet und auf ein Nährstoffverhältnis 1:1o eingestellt.

Die analytischen Daten finden sich in den Tabellen 74 und 75, weitere Versuchsergebnisse in Tabelle 76 und der graphischen Darstellung 31.

Tabelle 74

Durchschnittliche Zusammensetzung verschiedener Saft- und Rückstand-Chargen in %, i.d.Trs.

| Inhaltsstoffe | Champ.-Saft | Champ.-Rückstand |
|---|---|---|
| Rohprotein | 29.14 | 48.85 |
| Rohfett | - | 3.38 |
| Asche | 2.11 | 5.12 |
| N-freie Extraktstoffe | 68.75 | 42.65 |

Tabelle 75

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestandteile | Champ.-Saft | Champ.-Rückstand |
|---|---|---|
| Champ.-Saft | 41.27 | - |
| Champ.-Rückstand | - | 24.02 |
| Schmalz | 2.48 | 2.21 |
| Salzgemisch | 2.74 | 2.89 |
| Bierhefe | 1.22 | 1.34 |
| $CaHPO_4$ | 1.81 | 1.98 |
| Weizenstärke | 50.48 | 67.56 |

Tabelle 76

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme und Durchschnittlicher Zuwachs der Tiere der Champignon-Rückstand-Diät in g

| Tag | Futteraufnahme | nach Tagen | Zuwachs |
|---|---|---|---|
| 1.-1o. | 2.o | 2 | o.2 |
| 11.-2o. | 2.1 | 4 | o.6 |
| 21.-3o. | 1.9 | 6 | o.7 |
| 31.-4o. | 1.6 | 8 | o.6 |
| 41.-5o. | 1.9 | 1o | o.7 |
| 51.-6o. | 1.8 | 12 | o.9 |
| 61.-7o. | 1.9 | 15 | 2.5 |
| 71.-8o. | 2.o | 2o | 2.6 |
| 81.-9o. | 1.5 | 25 | 2.4 |
| | | 3o | 2.4 |
| | | 35 | 2.2 |
| | | 4o | 1.6 |
| | | 45 | 2.2 |
| | | 5o | 2.7 |
| | | 55 | 3.o |
| | | 6o | 3.4 |
| | | 65 | 4.2 |
| | | 7o | 5.1 |
| | | 75 | 4.7 |
| | | 8o | 5.2 |
| | | 85 | 5.1 |
| | | 9o | 4.4 |

Der Versuch erbrachte folgende Ergebnisse, Tabelle 77,: Sämtliche 25 Mäuse, die mit den Champignon-Saft-Diäten gefüttert worden waren, verendeten nach kurzer Versuchsdauer und zeigten teilweise, in Analogie zu den früheren Versuchen mit ganzen, frischen Champignons, auch die sonst beobachteten Krämpfe. Die Tiere der Champignon-Rückstand-Diät überlebten zum größten Teil den 9o tägigen

Tabelle 77

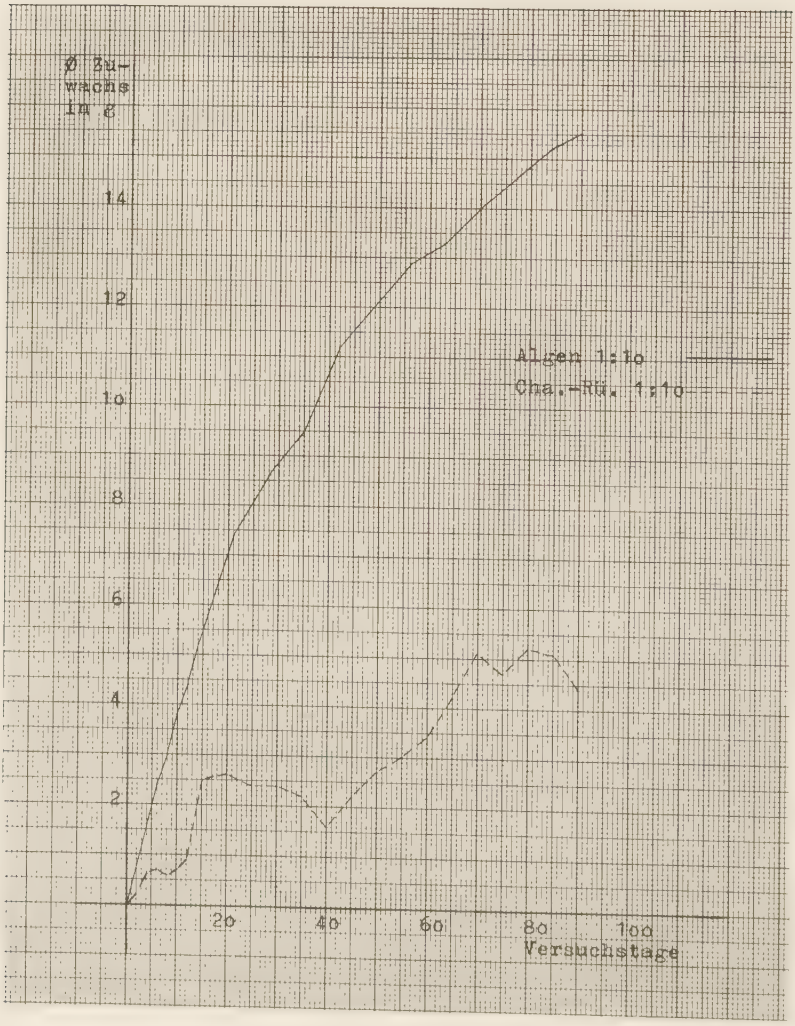
Übersicht über die Versuchsdaten

| | Champ.-Saft | Champ.-Rückstand |
|---|---|---|
| Versuchsdauer in Tagen | 9o | 9o |
| Zahl der Versuchstiere | 25 | 12 |
| Zahl der gestorbenen Tiere | 25 | 4 |
| Ø Lebensdauer der gest. Tiere in Tagen | 2 | 44 |
| Mortalitätsquote | 1oo | 3o |
| Ø tägliche Futteraufnahme in g | o.7 | 1.9 |

Versuch. Die Mortalitätsquote 3o läßt jedoch darauf schließen, daß die Mäuse eine Diät erhalten haben, die, auch auf Grund der niedrigen Futteraufnahme besonders der verendeten Tiere, als unterwertig bezüglich ihres Eiweißkörpers angesehen werden muß. Die Tiere zeigen ja auch, wie die Darstellung 31 erkennen läßt, nur ein mäßiges Wachstum. Zum besseren Vergleich der insuffizienten Champignon-Rückstand-Diät mit einem hochwertigen Proteinträger wurde noch einmal die Wachstumskurve der Algen-Diät (s.S. 139) aufgezeichnet. (Es handelte sich hier um Geschwistertiere.)

Darstellung 31

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit



c) Verfütterung von Milch-Saft-Diäten.

Da der Ausgang sämtlicher Champignon-Versuche das Vorhandensein eines toxischen Inhaltsstoffes immer wieder für das Verhalten der Champignons in den Diäten verantwortlich erscheinen läßt, wurde nunmehr mit dem Champignon-Saft, der ja bereits einen mit der toxischen Komponente des Pilzes angereicherten Extrakt darstellt, ein Versuch mit Mäusen durchgeführt, bei dem dem Saft in der Diät nicht die Rolle eines Diätbestandteiles zufällt. Es wurden Magermilch-Diäten vom Nährstoffverhältnis 1:1o verfüttert, die für die Mäuse eine hochwertige und völlig ausreichende Diätform bedeuten, deren Proteinanteil für einen strengen Test sogar schon zu hoch liegt (vergl. dazu S. 129). Die Magermilch-Diäten wurden mit Champignon-Saft vermengt, so daß sich unter Einbeziehung der Inhaltsstoffe die Diäten etwa auf ein Nährstoffverhältnis 1:5 einstellten.

Durchführung und Ergebnis.

An je 1o junge entwöhnte Mäuse wurden zwei Diäten verfüttert: im ersten Fall handelte es sich um eine normale Frisch-Magermilch-Diät NStV 1:1o, die fein zerkleinert mit eingeengtem Champignon-Saft vermengt wurde (Milch-Diät + Champ.-Saft). Die Menge des Saftes entsprach dem für die Vergleichsdiät verwendeten Anteil. Diese Vergleichsdiät wurde auf ein Nährstoffverhältnis 1:5 eingestellt und zwar in der Form, daß zunächst der Proteinanteil in der Magermilch-Diät NStV1:1o berücksichtigt und dann das restliche Protein vom Champignon-Saft gestellt wurde (Milch-Saft-Diät). Alle Diätbestandteile wurden zusammen bei 7o° C verbacken. Die Diäten wurden in der üblichen Form mit Lebertran und Bierhefe

Tabelle 78

Zusammensetzung der Diäten in %, i.d.Trs.

| Bestandteile | Milchdiät + Champ.-Saft | Milch-Saft-Diät |
|---|---|---|
| Magermilch | 17.39 | 21.o5 |
| Cham.-Saft | 3o.o7 | 36.4o |
| Lebertran | 2.o5 | 2.48 |
| Bierhefe | 1.o4 | 1.26 |
| Salzgemisch | 1.79 | 1.89 |
| Weizenstärke | 47.66 | 36.92 |

Tabelle 79

Übersicht über die Versuchsdaten

| | Milchdiät + Champ.-Saft | Milch-Saft-Diät |
|---|---|---|
| Zahl der Versuchstiere | 1o | 1o |
| Zahl der gest. Tiere | 1o | 1o |
| Ø Lebensdauer d.gest.Tiere | 2 | 3 |
| Ø tägliche Futteraufn. in g | 1.o | o.8 |
| Futteraufnahme in g: | | |
| 1. Tag | 1.o | o.4 |
| 2. | 1.3 | 1.1 |
| 3. | o.4 | o.6 |
| 4. | 1.o | o.3 |
| 5. | - | - |

zubereitet. Die Zusammensetzung der beiden verfütterten Diäten findet sich in der Tabelle 78, eine Übersicht über die Versuchsdaten in Tabelle 79. Wie diese Zusammenstellung zeigt, gingen sämtliche Versuchstiere innerhalb weniger Tage ein.

Die beobachteten Ausfälle und Krämpfe von Versuchstieren nach Verfütterung von Champignon-Diäten sind also nicht auf eine Mangelhaftigkeit der Kostform zurückzuführen wie der Ausgang des Versuches zeigt, da den Mäusen ja eine erwiesenermaßen hochwertige Magermilch-Diät verabreicht wurde. Durch diese Versuchsanordnung dürfte vielmehr die Existenz einer toxisch wirkenden Substanz im frischen, "küchentechnisch" zubereiteten Zuchtchampignon bewiesen sein.

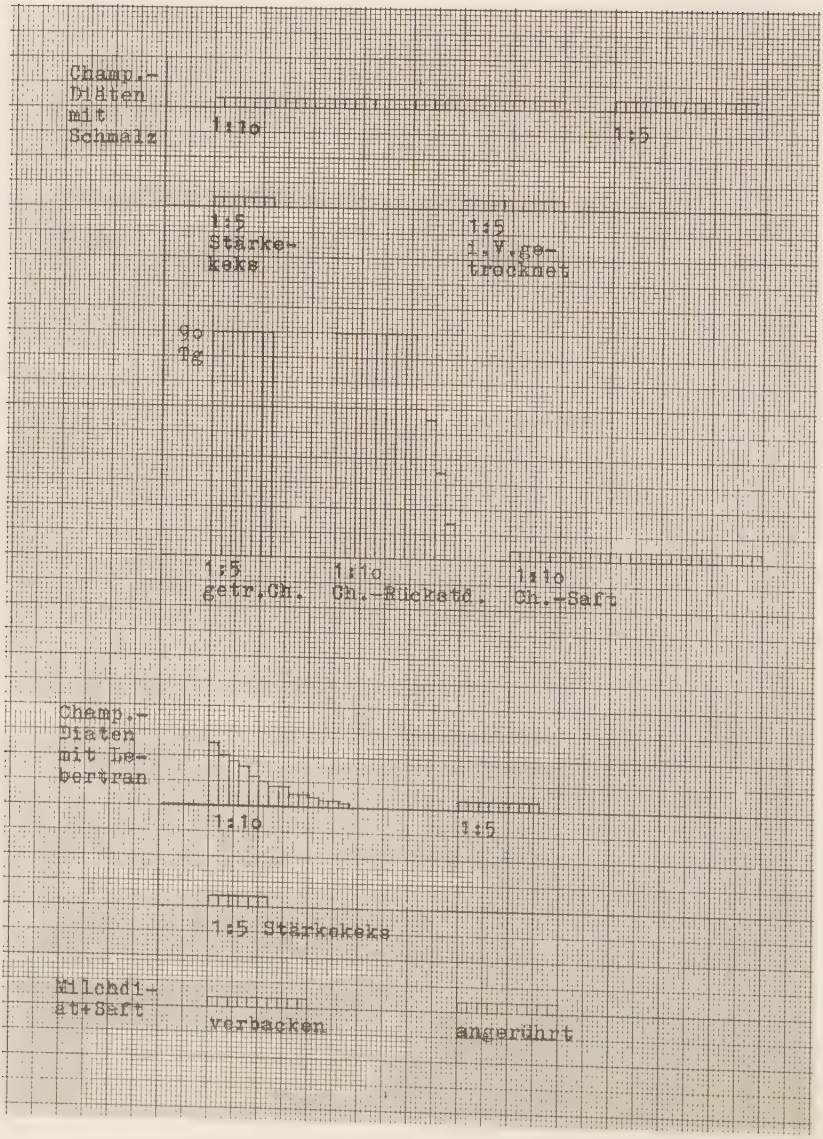
## 6. Zusammenfassung der Ergebnisse der Champignon-Versuche.

Die Ergebnisse der Champignon-Versuchsreihen seien hier noch einmal im Zusammenhang betrachtet. Die graphische Darstellung 32 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Versuchsansätze.

Auf das Verhalten von insgesamt 35 Mäusen stützt sich der grundsätzliche Befund, daß junge Mäuse nach Verfütterung von Champignon-Diäten, Nährstoffverhältnis 1:1o, Krämpfe wie die Ratten zeigen und nach spätestens 5 Versuchstagen verendet sind. Eine Erhöhung des Proteinanteils in den Diäten auf ca. 2o % beeinflußten diesen Befund ebensowenig wie die Änderung der Futterbereitung (Verabreichung von angerührtem und im Vakuum getrocknetem

Darstellung 32

Übersicht über die Champignon-Versuche



Futter). Bei Ersatz des Vitamin-E-freien Schweineschmalzes in der Champignon-Diät NStV 1:1o durch Lebertran erreichten die Versuchstiere ein höheres Alter, jedoch kann dem Lebertran keine Schutzwirkung zugesprochen werden, da die etwas längere Lebensdauer der Versuchstiere als Folge eine sehr niedrig liegenden Futteraufnahme anzusehen ist und bei höherem Champignonanteil im Futter, beim Nährstoffverhältnis 1:5, kein unterschiedlicher Versuchsausgang zwischen Schmalz- und Lebertran-Diäten beobachtet wurde. Durch Äquivalenz-Fütterungsversuche konnte weiterhin sichergestellt werden, daß der frühe Exitus der Versuchstiere nicht eine Folge zu geringer Futteraufnahme ist.

Nach Trennung des Champignons in den wasserlöslichen Extrakt und Rückstand konnte gezeigt werden, daß der Inhaltsstoff, der Krämpfe und Exitus der Tiere bedingt, im Champignon-Saft vorliegt und bei getrocknetem Pilzmaterial weitgehend oder vielleicht sogar vollständig zerstört ist. Mit Champignon-Rückstand und ebenfalls mit getrockneten Champignon-Diäten gefütterte Mäuse überlebten im Gegensatz zu den Versuchstieren , die die übrigen Champignon-Diäten erhielten, die 9o-tägigen Versuche, zeigten aber nur mäßiges Wachstum.

Abschließend zeigte der Fütterungsversuch mit einer Magermilch-Diät vom Nährstoffverhältnis 1:1o, die zusätzlich mit Champignon-Saft angeteigt wurde, daß nur der Champignon bezw. Champignon-Saft für die Symptome der Versuchstiere nach Verfütterung von Champignon-Diäten verantwortlich ist und der Speisepilz damit als Träger einer toxischen Substanz gilt, deren Konzentration so bemessen ist, daß sie für die Versuchstiere eine Noxe bedeutet, die bei den Ratten in nahezu allen

Fällen nach kürzerer oder längerer Verabreichung, bei den Mäusen in jedem Fall in wenigen Tagen unter den beschriebenen Krämpfen zum Exitus führt.

Für den Menschen kann infolge der geringen Konzentration des Stoffes keine toxische Wirkung vorhanden sein, jedoch fand sich bei Durchsicht der Literatur ein Hinweis, daß bereits früher schon dem Champignon Inhaltsstoffe mit spezifischen Wirkungen zugeschrieben wurden. 1911 brachte die Fa. Krewel & Co ein aus den wasserlöslichen Extraktstoffen des Champignons bestehendes Präparat "Hercynia" heraus, daß am "Krankenbett als anregendes und den Appetit hebendes Mittel dienen sollte" (124). KUTSCHER weist in diesem basischen Extrakt geringe Mengen Hercynin nach, ist jedoch der Ansicht, daß die physiologische Wirkung des Saftes an andere Stoffe gebunden sein müsse.

FINK und Mitarbeiter (44) vermuten, daß die toxischen Komponenten des Champignons vielleicht in die Reihe der Knollenblätterpilzgifte gehören. Es wurde deshalb der Champignon nach der von BLOCK und Mitarbeitern (125) gegebenen Vorschrift auf Amanita-Toxine hin untersucht. Wir konnten aber keinen Anhaltspunkt für das Vorhandensein der bereits bekannten Knollenblätterpilzgifte finden.

Aus den hier durchgeführten Champignon-Versuchen ist weiterhin ersichtlich, daß der giftige Inhaltsstoff vermutlich bei der Trocknung zerstört wird. Damit nimmt der Champignon keine Sonderstellung unter den Nahrungsproteinen ein, denn auch bei der Frühjahrslorchel verschwinden beim Trocknen des Pilzes die giftigen Inhaltsstoffe (126). Die in getrocknetem Zustand eine hohe

biologische Qualität zeigende Grünalge Scenedesmus obliquus führt dagegen zu starken Gewichtsabnahmen und nekrotischen Leberveränderungen der Versuchstiere, wenn sie ungetrocknet in Diäten verfüttert wird.(111) Bei den Mäusen wurden nach Verfütterung von Champignon-Diäten keine Leberschäden festgestellt.

Während die Trocknung also bei einem tierischen Nahrungsprotein, der Magermilch, allerdings nach viel stärkerer thermischer Belastung, eine Mangelhaftigkeit hervorruft, verursacht sie bei den pflanzlichen Eiweißträgern Algen und Champignon ein "günstige tiefgreifende Veränderung in diätetischer Hinsicht" (111).

## IV. Orientierender Versuch mit Hamstern zur Bestimmung der Eiweiß-Wertigkeit

In dieser Arbeit waren Eiweißwertigkeits-Bestimmungen mit Mäusen durchgeführt worden, um an anderen Versuchstieren die mit den Ratten erhaltenen Versuchsergebnisse zu bestätigen und weiter abzusichern.

Es ergab sich nun, daß im Institut gehaltene Hamster zur Verfügung standen, die jetzt ebenfalls für einen Vorversuch benutzt wurden und zeigen sollten, ob sich der Hamster ohne große Abänderung unserer Versuchsmethodik für die Qualitätsbestimmung von Proteinen eignete. Es interessierte natürlich im besonderen wieder das Auftreten von Leberschäden, so daß in diesem Vorversuch als Nahrungsproteine frische Magermilch und ausgetestetes nekrogenes Walzen-Magermilchpulver benutzt wurden.

### Durchführung und Ergebnis.

Es standen 4 Gold- und 2 Albino-Hamster zur Verfügung, Geschwistertiere beiderlei Geschlechts. Die 3o Tage alten, entwöhnten Hamster wurden auf eine Frischmilch- und nekrogene Walzenmagermilchpulver-Diät verteilt, die beide auf ein Nährstoffverhältnis 1:1o eingestellt waren. Versuchsanordnung und -durchführung wurden in bekannter Weise vorgenommen.

Die Versuchsdaten finden sich in den Tabellen 8o, 81,82; eine graphische Auswertung der Ergebnisse zeigt Darstellung 33. Die Zusammensetzung der verfütterten Diäten ergibt sich aus Tabelle 49, Seite 118 (M1:1o, W 1:1o).

Tabelle 8o

Durchschnittlicher Zuwachs in g

| Tage | Frischmilch | Milchpulver |
|---|---|---|
| 3 | 3 | 3 |
| 7 | 7 | 8 |
| 1o | 1o | 13 |
| 14 | 14 | 17 |
| 17 | 18 | 2o |
| 21 | 21 | 23 |
| 24 | 24 | 25 |
| 28 | 28 | 29 |
| 35 | 31 | 34 |
| 42 | 35 | 36 |
| 49 | 39 | 38 |
| 56 | 37 | 43 |
| 63 | 32 | 46 |
| 7o | 33 | 48 |
| 77 | 44 | 49 |
| 84 | 44 | 49 |
| 91 | 48 | 51 |
| 98 | 49 | 52 |
| 1o5 | 52 | 44 |
| 112 | 5o | 32 |
| 12o | 5o | - |

Tabelle 81

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme in g

| Tag | Frischmilch | Milchpulver |
|---|---|---|
| 1.- 1o. | 4 | 5 |
| 11.- 2o. | 5 | 5 |
| 21.- 3o. | 5 | 5 |
| 31.- 4o. | 5 | 5 |
| 41.- 5o. | 4 | 5 |
| 51.- 6o. | 4 | 5 |
| 61.- 7o. | 4 | 4 |
| 71.- 8o. | 4 | 5 |
| 81.- 9o. | 5 | 5 |
| 91.-1oo. | 5 | 4 |
| 1o1.-11o. | 4 | 3 |
| 111.-12o. | 4 | 3 |

Tabelle 82

Übersicht über die Versuchsdaten

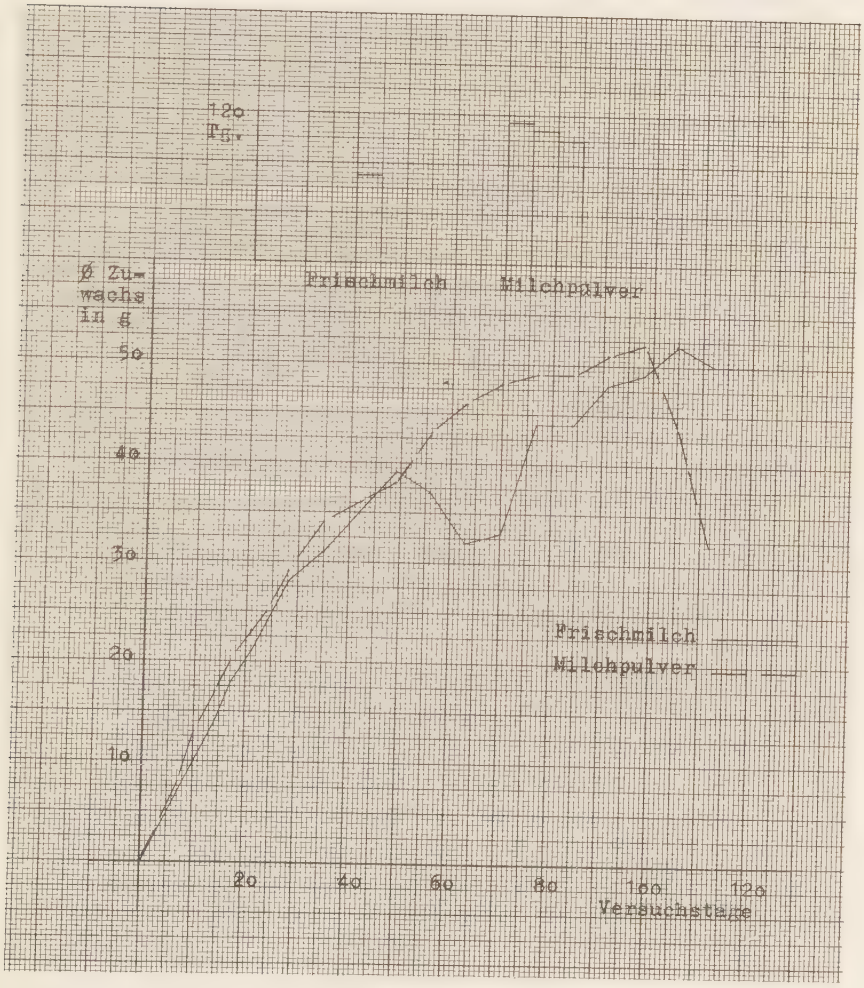
| | Frischmilch | Milchpulver |
|---|---|---|
| Zahl der Versuchstiere | 3 | 3 |
| Zahl der gest. Tiere | 1 | 3 |
| Zahl der an Leberne-krose gest. Tiere | o | o |
| Ø Lebensdauer der gest. Tiere in Tagen | 69 | 1o9 |
| Ø tgl. Futteraufn. in g | 4 | 4 |

Die Tiere zeigten gleichmäßig gutes Wachstum, auch die Futteraufnahme lag für beide Versuchsreihen gleich hoch. Es verendeten kurz vor Versuchsende sämtliche Hamster der Milchpulver-Diät, am 7o. Versuchstag ein Tier der Frischmilch-Reihe. Die histologische Untersuchung erbrachte keine Leberschäden. Die Wachstumskurven , Darstellung 33, beider Diäten verlaufen gleich, der Knick in der Kurve für die Frischmilch-Reihe ist durch den Todesfall des einen Tieres dieser Diät bedingt, dem eine starke Gewichtsabnahme voranging.

Der Ausgang des Versuches zeigt, daß - jedenfalls in der angegebenen Form - die Hamster für unsere Methodik der Eiweißwertigkeitsbestimmung nicht geeignet sind, da nach Verfütterung der beiden ungleichwertigen Diäten, kein sichtbarer Unterschied zwischen den beiden Versuchsreihen auftrat. Es ist anzunehmen, daß die Hamster zu unempfindlich, d.h. als Tiermaterial zu wenig sensibilisiert für die hier durchgeführten Fütterungsversuche sind.

Darstellung 33

Wachstumsintensität in Abhängigkeit von der Zeit
Übersicht über die Versuchsergebnisse



## Zusammenfassung.

I. Die Bestimmung der biologischen Eiweiß-Wertigkeit des Hühnereies im Wachstumstest mit jungen Ratten ergab für das Vollei-Protein eine hohe biologische Qualität, die die Wertigkeit der hier untersuchten frischen Magermilch sowohl hinsichtlich ihrer Eiweißwirkungswerte als auch der Nekroseschwelle übertrifft. Für die Vollei-Diäten ergab sich in den entsprechenden Versuchsreihen eine bessere Ausnutzung des angebotenen Proteins für das Wachstum, also höhere Eiweißwirkungswerte als für die Magermilch-Diäten; dabei erfolgte die optimale Proteinausnutzung des Volleies bei 6.6 % Diätprotein. Ferner führte die 6.6 %ige Magermilch-Diät zu diätetisch bedingten Lebernekrosen, während Leberschäden nach Verfütterung von entfetteten Ei-Diäten erst bei 3.3 % Diätprotein beobachtet wurden. Durch die Fettextraktion des Volleies war sichergestellt, daß die Nekroseschutzwirkung des fettlöslichen Vitamin E dieses Ergebnis nicht verfälschte.

II. Die bei Untersuchungen von Nahrungsproteinen mit Ratten erhaltenen Aussagen konnten im wesentlichen durch Aufzuchtversuche mit jungen Mäusen bestätigt werden:

1. Eine Schädigung der frischen Magermilch durch den Trocknungsprozeß wurde erneut bewiesen, denn bei Verfütterung von Diäten (Nährstoffverhältnis 1:1o und 1:15), deren Eiweiß einmal von frischer Magermilch, das andere Mal von Magermilchpulver gestellt wurde, bewirkten die Frischmilch-Diäten ein besseres Wachstum der Versuchstiere als die Magermilchpulver-Diäten; außerdem verendeten Mäuse durch an der Leber

festgestellte Nekrosen nach Verabreichung der Magermilchpulver-Diät vom Nährstoffverhältnis 1:15.

2. Alimentäre Leberschäden der Maus wurden neben der bereits erwähnten Mortalität der Tiere nach Verfütterung von Magermilchpulver-Diät, Nährstoffverhältnis 1:15, ebenfalls durch Verabreichung von Hefe-Diäten vom Nährstoffverhältnis 1:1o und 1:15 beobachtet.

3. Untersuchungen mit Algen, Steinpilz und Champignon bestätigten für das Algen- und Steinpilz-Protein eine gute biologische Qualität, die der der frischen Magermilch gleichzusetzen ist. Eine Aussage über den Wert des Champignon-Eiweißes konnte nicht gemacht werden, da eine toxisch wirkende Substanz des Champignons zum frühen Exitus der Versuchstiere nach voraufgehenden Krämpfen führt und eine Protein-Wertigkeitsbestimmung nur bedingt möglich ist.

III. Weiterhin wurden Versuche mit verschiedenen Champignon-Diäten durchgeführt. Der Ausgang dieser Untersuchungen weist eindeutig den Champignon, bezw. den Champignon-Preßsaft als Träger eines Stoffes aus, der die Krämpfe und den frühen Exitus der Versuchstiere bedingt. Durch Trocknung des frischen Champignons wird die für die Tiere toxische Komponente weitgehend unwirksam.

IV. Mit Hamstern durchgeführte Versuche zur Bestimmung der biologischen Eiweiß-Wertigkeit von frischer Magermilch und Magermilchpulver führten mit der hier angewandten Methodik zu keinem eindeutigen Ergebnis.

## Literaturverzeichnis


(1) BUTENANDT A., Dtsch. med. Wschr. 84, 297 (1959)

(2) ROSE W.C., Physiol. Rev. 18, 1o9, (1938)

(3) OSER B.L., J. Americ. dietet. Assoc. 27, 1.II (1956)

(4) THOMAS K., Arch. Anat. Physiol. 25, 219 (19o9)

(5) THOMAS K., Arch. Anat. Physiol. Suppl. 249 (1911)

(6) MITCHELL H.H., J. biol. Chemistry 58, 873, 923(1924)

(7) NEHRING K., Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde, Neumann Verlag, Radebeul und Berlin (1955)

(8) HOCK A., Biochem. Z. 314, 54 (1943)

(9) MC COLLUM E. v., SIMMONDS N., The Newer Knowledge of Nutrition, 3. Auflage Berlin und Wien (1928)

(1o) OSBORNE T.B., MENDEL L.B., FERRY E.L., J. biol. Chemistry 37, 223 (1919)

(11) ALLISON J.B., Physiol. Rev. 35, 664 (1955)

(12) ZUCKER T.F., ZUCKER L., Proc. Soc. exp. Biol. Med. 55, 136 (1944)

(13) ZUCKER T.F., HALL L., YOUNG M., ZUCKER L.,J. Nutrit. 22, 123 (1941)

(14) BOSSHARDT D.K., YDSE L.C., AYRES M.M., BARNES R.H., J. Nutrit. 31, 23 (1946)

(15) LANG K., Biochemie der Ernährung, Steinkopf Verlag Darmstadt (1957)

(16) FINK H., BRENNER G., Naturwissenschaften 45, 272 (1958)

(17) BRENNER G., Dissertation Univ. Köln 1958

(18) BAUER C.B., BERG C.P., J. Nutrit. 26, 51 (1943)

(19) MADDY K.H., ELVEHJEM C.H., J. biol. Chemistry 177, 577 (1949)

(2o) FENTON P.F., COWGILL G.R. STONE M.A., J. Nutrit. 34, 273 (1947)

(21) FENTON P.F., COWGILL G.R., STONE M.A. JUSTICE D.H., J. Nutrit. 42, 257 (195o)

(22) BOSSHARDT D.K., PAUL W.J., O-DOHERTY K., J. Nutrit. 37, 21 (195o)

(23) FENTON P.F., CARR C.J., J. Nutrit. 43, 441 (1951)

(24) BOSSHARDT D.K., BARNES R.H., J. Nutrit. 31, 13 (1946)

(25) BOSSHARDT D.K., YDSE L.C., AYRES M.M., BARNES R.H., J. Nutrit. 31, 23 (1946)

(26) BARNES R.H., BOSSHARDT D.K., Ann. N. Y. Acad. Sc. 47, 273 (1946)

(27) FINK H., LECHNER R., HEINISCH E., Biochem. Z. 278, 23 (1935)

(28) FINK H., LECHNER R., HEINISCH E., Biochem. Z. 283, 71 (1936)

(29) FINK H., LECHNER R., HEINISCH E., Biochem.Z. 286, 83 (1936)

(3o) FINK H., LECHNER R., Angew. Chem. 49, 775 (1936)

(31) FINK H., KREBS J., Biochem. Z. 299, 1 (1938); 3oo, 59 (1938/39); 3oo, 175 (1938/39)

(32) FINK H., LECHNER R., Illing R., Vorratspflege u. Lebensmittelforsch. 5,1oo (1941)

(33) HOCK A., Biochem. Z. 311, 385 (1941/42); 314, 54 (1943)

(34) FINK H., Wschr. Brauerei 61,1-5 (1944)

(35) FINK H., HOCK A., Z. Naturforsch. 2b, 187 (1944)

(36) FINK H., Milchwissenschaft 3, 125 (1948)

(37) FINK H., HEROLD E., Naturwissenschaften 42, 516/517 (1955)

(38) FINK H., SCHLIE I., HEROLD E., Naturwissenschaften 41, 169 (1954)

(39) FINK H., HEROLD E., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 3o5, 182 (1956)

(4o) FINK H., HEROLD E., Naturwissenschaften 42, 516 (1955)

(41) HOPPENHAUS K. W., Dissertation T.H. München (Weihenstephan) 1955

(42) FINK H., HOPPENHAUS K.W., Naturwissenschaften 43, 133 (1956)

(43) KUBIN H., Dissertation Univ. Köln 1957

(44) FINK H., KUBIN H., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 3o9, 158 (1958)

(45) FINK H., Hoppe-Seyler's Z. physiol Chem. 298, 93 (1954)

(46) FINK H., SCHLIE I., RUGE U., Naturwissenschaften 42,21 (1955)

(47) FINK H., SCHLIE I., RUGE U., Z. Naturforsch. 13b, 61o (1958)

(48) DOBBERSTEIN J., HOCK A., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 28o, 21 (1944)

(49) FINK H., HOCK A., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 279, 187 (1943)

(5o) EGER W., Acta Hepatologica 3, 57 (1955)

(51) SCHWARZ K., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 281, 1o1, 1o9 (1941)

(52) GYÖRGY P., GOLDBLATT H., J. Nutrit. 41, 265 (195o)

(53) GYÖRGY P., GOLDBLATT H., Proc. Soc. exp. Biol. Med. 76, 124 (1951)

(54) SCHWARZ K., Mod. Brewery Age Dez. 1954, Jan. 1955

(55) FINK H., SCHLIE I., Naturwissenschaften 4o, 491 (1953)

(56) FINK H., SCHLIE I., RUGE U., Hoppe-Seyler's Z. physiol.Chem. 293, 264 (1953)

(57) FINK H., SCHLIE I., RUGE U., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 294, 123 (1954)

(58) FINK H., SCHLIE I., Naturwissenschaften 42, 21, 446 (1955)

(59) FINK H., SCHLIE I., Naturwissenschaften 43, 254 (1956)

(61) GYÖRGY P., GOLDBLATT H., J. exp. Med. 89, 245 (1949)

(6o) FINK H., SCHLIE I., RUGE U., Naturwissenschaften 44, 283 (1957)

(62) NICOLAUS W., Arch. wissensch. prakt. Tierheilkunde 73, 428 (1938)

(63) NAFTALIN J.M., HOWIE K.W., J. Pathol. Bacteriol. 61, 319 (1949)

(64) NAFTALIN J.M.,Lancet 263, 1o13 (1952)

(65) HIMSWORTH H.P., Proc. Roy. Soc. Med. 42, 2o1 (1949)

(66) WILLIAMS W.L., ARONSOHN R.B., Fed. Proc. 11, 433 (1952)

(67) SCHWARZ K., Experientia 14, 28 (1958)

(68) TROWELL H.C., Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg. 42, 417 (1949)

(69) GYÖRGY P., Amer. J. Digest. Diseases 19, 392 (1952)

(7o) SCHWARZ K., Merck Report 63, 3 (1954)

(71) FUHRMANN G., Z. Tropenmed. Parasitol. 5, 369 (1954)

(72) TROWELL H.C., Ann. N. Y. Acad. Sci. 57, 722 (1954)

(73) FINK H., HEROLD E., LUNDIN H., Referat auf dem Wissenschaftlichen Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. Mainz (1958)

(74) WEICHSELBAUM T.E., Quart. J. exp. Physiol. 25, 363, (1935)

(75) SCHWARZ K., Proc. Soc. exp. Biol. Med. 78, 852 (1951)

(76) SCHWARZ K., Proc. Soc. exp. Biol. Med. 80,319 (1952)

(77) SCHWARZ K., FOLTZ C.M., J. Amer. chem. Soc. 79, 3292 (1957)

(78) SCHWARZ K., Vortrag Colloquium Köln 1959

(79) FINK H., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 298, 95 (1954)

(80) FINK H., Chemiker-Ztg. 80, 624 (1954)

(81) FINK H., Z. Naturforsch. 13b, 757 (1958)

(82) FINK H., Z. Naturforsch. 13b, 466 (1958)

(83) FINK H., BRENNER G., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 309, 226 (1957)

(84) noch unveröffentlichte Arbeiten

(85) BÖMER A., JUCKENACK A., TILLMANS J., Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. II/2, Springer Verlag (1935)

(86) MC COLLUM E. v., J. biol. Chemistry 33, 55 (1918)

(87) BOSSHARDT D.K., PAUL W.J., O'DOHERTY K., BARNES R.H., J. Nutrit. 32, 641 (1946)

(88) BOSSHARDT D.K., PAUL W.J., O'DOHERTY K., BARNES R.H., J. Nutrit. 36, 773 (1948)

(89) RAUEN H.M., Biochem. Taschenbuch, Springer Verlag (1956)

(90) STOLDT W., Milchwissenschaft 6, 152 (1951)

(91) KOLLER S., Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen, Steinkopf Verlag (1953)

(92) BÖMER A., JUCKENACK A., TILLMANS J., Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. III, Springer Verlag (1935)

(93) FRIEDBERGER E., ABRAHAM A., SEIDENBERG S., Dtsch, med. Wschr. 54, 2092 (1928)

(94) FINK H., HEROLD E., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 307, 202 (1957)

(95) RUEGAMER W.R., POLING C.E., LOCKHART H.B., J. Nutrit. 40, 231 (1950)

(96) HAWLEY E.E., MURLIN J.R., NASSET E.S., SZYMANSKI T.A., J. Nutrit. 36, 153 (1948)

(97) MITCHELL H.H., BEADLES J.R., J. Nutrit. 40, 25 (1950)

(98) BATEMAN W.G., J. biol. Chemistry 26, 263 (1916)

(99) MABEE D.M., MORGAN A.F., J. Nutrit. 43, 261 (1951)

(100) LANG K., RANKE O.F., Stoffwechsel und Ernährung, Springer Verlag (1950)

(101) HARRIS P.L., QUAIFE M.L., SWANSON W.I., J. Nutrit. 40, 367 (1950)

(102) BÖMER A., JUCKENACK A., TILLMANS J., Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. IV, Springer Verlag (1939)

(103) FELDHEIM W., Die Nahrung 6, 615 (1958)

(104) EMMERIE A., ENGEL C., Receuil Trav. chim. Pays-Bas 57, 135 (1938)

(105) FELDHEIM W., Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 104, 24 (1956); 106, 116 (1957)

(106) FELDHEIM W., JARNATZ E., Vitamine u. Hormone 7, 263 (1956)

(107) KJÖLHEDE K.T., Z. Vitaminforsch. 12, 138 (1942)

(108) CHIPAULT J.R., LUNDBERG W.O., BURR G.O., Arch. Biochemistry 8, 321 (1945)

(109) STEPP W., KUHNAU J., SCHRÖDER H., Die Vitamine und ihre klinische Anwendung Bd. II, Enke Verlag (1957)

(110) FERGUSON T.M., VAUGHT H.P., COUCH J.R., Abstracts Amer. Chem. Soc. 129 th Meeting 6 C, April 1956

(111) FINK H., HEROLD E., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 311, 13 (1958)

(112) SUMMER E.E., J. Nutrit. 16, 129 (1938)

(113) MITCHELL H.H., BLOCK R.J., J. biol. Chemistry 163, 599 (1948)

(114) GRÜNBERG H., The genetics of the mouse. The Hague Martinus Nijehoff (1952)

(115) GOYCO J.A., ASENJO C.F. J. Nutrit. 33, 593 (1947)

(116) GOYCO J.A., ASENJO C.F., J. Nutrit. 38, 521 (1949)

(117) HUGHES C.W., HAUGE S.M., J. Nutrit. 30, 245 (1945)

(118) VÖLTZ W., Z. Spiritusind. 33, 588 (1910)

(119) OSBORNE T.B., MENDEL L.B., J. biol. Chemistry 38, 223 (1919)

(12o) STILL E.U., KOCH F.C., Amer. J. Physiol. 87, 225 (1928)

(121) FINK H., Milchwissenschaft 14, 323 (1959)

(122) HAVERMANN H., HEERMANN K.H., Züchtungskunde 28, 394 (1956)

(123) FINK H., HEROLD E., Naturwissenschaften 43, 498 (1956)

(124) KUTSCHER F., Z. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel 21, 535 (1911); C. 1911, I. 497

(125) BLOCK S.S., STEPHENS R.L., MURILL W.A., Science 121, 5o5 (1955)

(126) FRIESE W., Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. 1937, 27 - 29

Lebenslauf

Am 15. Juni 1929 wurde ich als Tochter der Eheleute Fritz Reineke in Paderborn geboren. Seit Oktober 1955 bin ich mit W.H. Schwenger aus Duisburg verheiratet.

Von 1935 bis 1939 besuchte ich die Volksschule in Salzkotten, von 1939 bis 1941 die Hildegardis-Oberschule in St. Mauritz bei Münster. Auf Grund der Kriegsereignisse wechselte ich 1941 zur Staatlichen Pelizaeus-Oberschule in Paderborn über. Dort bestand ich im März 1949 die Reifeprüfung.

Im Winter-Semester 1949 begann ich an der Universität zu Köln das Studium der Chemie und legte dort im Dezember 1954 die Diplom-Vorprüfung für Chemiker ab. Nach Abschluß des organischen Praktikums war ich seit Herbst 1956 mit der Anfertigung der vorliegenden Arbeit am Institut für Gärungswissenschaft und Enzymchemie beschäftigt.

Meine wissenschaftliche Ausbildung verdanke ich den Herren Professoren: Alder, Bayer, Birkofer, Fehér, Fink, Franke, Hoheisel, Kalb, Kirchner, Klenk, Schmid, Straub und Wintgen.

Leverkusen, Oktober 1961.